



Comune di Campi Bisenzio

Città Metropolitana di Firenze

SINDACO E
ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Andrea Tagliaferri

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Letizia Nieri

RESPONSABILE SETTORE 5
GOVERNO DEL TERRITORIO
Michela Brachi

GARANTE DELL'INFORMAZIONE
E DELLA PARTECIPAZIONE
Maria Leone

piano operativo

Relazione idraulica

PROGETTO URBANISTICO
coordinatore
Riccardo Luca Breschi

Andrea Giraldi

responsabile ufficio di piano
Letizia Nieri

ufficio di piano
Paolo Canepari
Christian Ciampi
David Innocenti

STUDI IDROLOGICI E IDRAULICI
A4 Ingegneria
David Malossi

STUDI GEOLOGICI
Idrogeo srl
Simone Fiaschi
Alessandro Murratzu
Alessio Calvetti

VAS E VINCA
Terre.it srl
Fabrizio Cinquini
Michela Biagi
Paolo Perna
Francesca Furter

STUDIO MOBILITA', TRAFFICO
Andrea Debernardi
META srl

STUDIO ASPETTI ACUSTICI
Francesco Borch
Sara Delle Macchie
VienRose Ingegneria srl



IDR.00

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	APPROFONDIMENTI INTEGRATIVI IN FASE DI APPROVAZIONE DI PIANOSTRUTTURALE	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE	8
4	DESCRIZIONE RETICOLO OGGETTO DI STUDIO.....	10
5	FASI DELLO STUDIO	11
6	ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI	12
6.1	<i>DESCRIZIONE DELLA TECNICA DI RILEVAMENTO LIDAR</i>	<i>12</i>
6.2	<i>DATI LIDAR PER IL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO.....</i>	<i>13</i>
6.3	<i>APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI SPECIFICI PER AGGIORNARE/DETTAGLIARE IL DTM</i>	<i>13</i>
6.4	<i>RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA.....</i>	<i>13</i>
7	ANALISI IDROLOGICA.....	15
7.1	<i>ANALISI IDROLOGICA CON HEC-HMS</i>	<i>16</i>
7.2	<i>ANALISI IDROLOGICA CON URBIS 2003</i>	<i>19</i>
7.3	<i>RISULTATI FORNITI DA ALTRI STUDI</i>	<i>19</i>
8	ANALISI IDRAULICA.....	26
8.1	<i>DATI D'INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO.....</i>	<i>34</i>
8.2	<i>SCHEMATIZZAZIONE IMPIANTI IDROVORI</i>	<i>35</i>
8.3	<i>RISULTATI.....</i>	<i>38</i>
8.3.1	<i>Reticolo acque alte</i>	<i>38</i>
8.3.2	<i>Reticolo acque basse</i>	<i>39</i>
9	OPERE IDRAULICHE PREVISTE NEL PS VIGENTE RELATIVE AL SISTEMA FUNZIONALE AMBIENTALE IN RELAZIONE AGLI INTERVENTI DI RIORDINO E RIQUALIFICAZIONE DEI MARGINI URBANI CHE FRONTEGGIANO IL TRATTO EST DELLA CIRCONVALLAZIONE ESISTENTE E DI PROGETTO.....	39
10	DESCRIZIONE CARTE ALLEGATE ALLO STUDIO	45
10.1	<i>CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (I.06).....</i>	<i>45</i>
10.2	<i>CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI (I.02 – I.03).....</i>	<i>46</i>

10.3	<i>CARTA DELLA VELOCITÀ DI DEFLUSSO (I.04)</i>	46
10.4	<i>CARTA DELLA MAGNITUDO (I.05)</i>	47
10.5	<i>CARTA DELLE AREE PRESIDATE DA SISTEMI ARGINALI E TOMBAMENTI (I.07)</i>	47

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dello "Studio idrologico e idraulico a supporto della redazione del nuovo Piano Strutturale e Piano Operativo del Comune di Campi Bisenzio". Nello specifico tutte le valutazioni dal punto di vista della pericolosità del territorio sono state effettuate e approvate dalla Regione Toscana in fase di stesura del Piano Strutturale e pertanto nell'attuale fase di approvazione del Piano Operativo non ci sussistono motivazioni che comportino approfondimenti dal punto di vista di vulnerabilità del territorio. Nel seguito pertanto si riportano, per completezza di quadro conoscitivo, le valutazioni specifiche che sono state a suo tempo effettuate nella stesura del Piano Strutturale.

2 APPROFONDIMENTI INTEGRATIVI IN FASE DI APPROVAZIONE DI PIANOSTRUTTURALE

In riferimento alla richiesta di integrazioni da parte del "Genio Civile Valdarno Centrale – Direzione del Suolo e Protezione Civile" depositata presso il Comune di Campi Bisenzio con Protocollo n. 0035388/2020 in data 13/07/2020 con oggetto "Controllo ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011 – Deposito n. 11/20 del 19/03/2020 – Piano Strutturale", con il presente aggiornamento dell'elaborato "I.08" "studi idrologici e idraulici - relazione tecnica" siamo a fornire risposta in merito a quanto indicato nella nota relativamente allo studio idraulico per quanto concerne i punti di nostra competenza.

Sotto sono elencate in *corsivo* le richieste di chiarimenti della nota con riportata la risposta o il rimando allo specifico paragrafo della presente relazione:

h) occorre rappresentare in planimetria le quattro porzioni in cui è stato suddiviso il territorio, descritte in Premessa alla relazione;

si rimanda al Cap. 1 "Premessa";

i) occorre fornire valutazioni più approfondite circa l'eventuale influenza dell'utilizzo di idrogrammi idrologici, indicato in relazione, come condizione al contorno di monte per il Torrente Marina, Torrente Garille e Collettore Acque Basse, per durate da 12 a 36 ore;

si rimanda al Par. 5.3 "Risultati forniti da altri studi";

j) nella descrizione del reticolo oggetto di studio occorre individuare i cosiddetti fossi "senza nome" con il codice identificativo dell'attributo "IDRETLR79" riportato nel geoportale della Regione Toscana;

si rimanda al Cap. 2 "Descrizione reticolo oggetto di studio";

k) in riferimento agli "approfondimenti topografici specifici" di cui al § 4.3, si richiede una valutazione in merito alla necessità di eseguirne di ulteriori, in relazione alle trasformazioni territoriali più significative successive all'anno 2008;

si rimanda al Par. 4.3 "Approfondimenti topografici specifici per aggiornare/dettagliare il DTM";

l) In riferimento agli studi idrologico-idraulici, si richiama l'attenzione sul fatto che, ai sensi dell'art.14 comma 6 della Disciplina di Piano del PGRA, le revisioni e gli aggiornamenti per ciò che

riguarda il reticolo secondario devono interessare l'intero sottobacino o insieme di sottobacini di cui si ritiene necessaria la revisione.

Da ciò consegue che le risultanze dello studio effettuato devono essere rappresentate anche nei territori comunali limitrofi, quanto meno all'interno di ambiti confinati da effettivi e consistenti limiti fisici.

Dato atto che ciò è stato fatto in alcune porzioni di territorio, occorre addivenire a simile rappresentazione ogniqualvolta il principio sia applicabile, con particolare riferimento al territorio comunale di Signa;

Si riporta di seguito un estratto della zona del Comune di Signa posta a sud della SR66 con riportata la sovrapposizione dell'areale degli allagamenti per tempo di ritorno 30 anni ottenuto nelle modellazioni idrauliche eseguite dagli scriventi (in verde) e di quello del P.G.R.A. (colori in scala di azzurri).

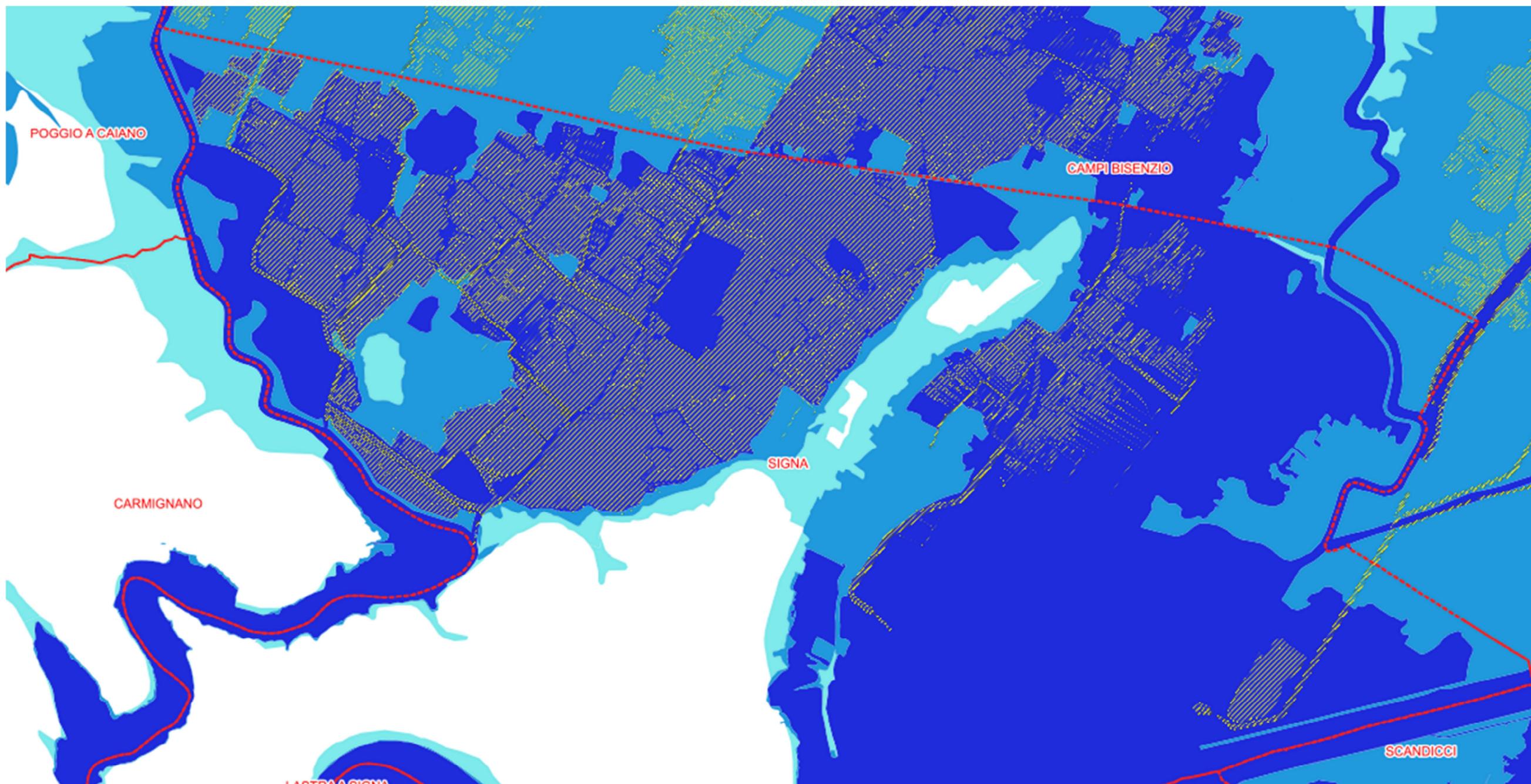


FIGURA 1. SOVRAPPOSIZIONE P.G.R.A. CON BATTENTI TR30 RISULTANTI DAL PRESENTE STUDIO IDRAULICO

Da quanto sopra riportato si evince che gli allagamenti nelle aree del Comune di Signa poste a sud della SR66 ottenuti dalle simulazioni idrauliche eseguite per tempo di ritorno 30 anni risultano inferiori rispetto a quelli perimetrati dal P.G.R.A., ne consegue che in tali zone il presente studio non fornisce risultati tali da condurre a un aggiornamento del P.G.R.A..

Per quanto riguarda il tempo di ritorno 200 anni i battenti utilizzati desunti dal PGRA risultano di gran lunga superiori rispetto a quelli ottenuti dalle modellazioni del reticolo minore e dei transiti delle esondazioni del Fiume Bisenzio. Ne consegue che, anche per la zona del Comune di Signa posta a sud della SR66, il presente studio non fornisce risultati tali da aggiornare le carte del P.G.R.A..

m) in relazione al punto precedente, è necessario individuare:

- 1) i limiti delle aree per le quali lo studio è da ritenersi esaustivo ai fini dell'aggiornamento del PGRA;*
- 2) i limiti delle aree per le quali lo studio, ancorché non esaustivo, fornisce elementi utili per l'aggiornamento del PGRA;*

Lo studio comporta variante al PGRA su tutto il territorio comunale.

Le aree esterne al Comune di Campi Bisenzio che possono essere ritenute interne ai limiti morfologici di verifica idraulica e delle quali sono stati riportati negli elaborati I.02, I.03 e I.04 i risultati in termini di battenti e velocità risultanti dal presente studio sono di seguito riassunte:

- area 1 interna al Comune di Sesto Fiorentino compresa tra la destra del Fosso Reale, l'autostrada A11 e il confine comunale di Campi Bisenzio;
- area 2 interna al Comune di Sesto Fiorentino compresa tra la sinistra del Fosso Reale e la destra del Fosso Macinante (solo per TR30);
- area 3 interna al Comune di Signa compresa tra la destra del Fosso Reale, la sinistra del Fiume Bisenzio e il confine comunale di Campi Bisenzio.

Le prime due aree vengono interessate da allagamenti derivanti da scenari concordati in fase di conferenza dei servizi con gli enti preposti e con i progettisti dello studio idraulico intercomunale di Sesto Fiorentino e Calenzano e pertanto la modifica al PGRA relativa a queste zone sarà onere dell'amministrazione comunale di Sesto Fiorentino. In merito alla terza area invece lo studio risulta esaustivo ai fini dell'aggiornamento del PGRA.

Occorre precisare che per quanto riguarda il confine ovest con il Comune di Prato lo studio risulta perfettamente compatibile con le perimetrazioni attuali di PGRA, per quanto riguarda il confine sud con il Comune di Signa, salvo l'area 3 suddetta, si ribadisce quanto specificato al punto l) nel sottoparagrafo precedente.

n) in riferimento agli elaborati di sintesi degli studi effettuati, occorre fornire tutti gli elementi indicati all'Allegato 3 alla Disciplina di Piano del PGRA, ed in particolare:

- 1) l'indicazione in carta delle sezioni oggetto di tracimazione e delle altre singolarità utili alla comprensione dei fenomeni di propagazione extra alveo;*

Si rimanda all'Elaborato I.03 aggiornato con l'inserimento della rappresentazione dei punti di tracimazione per tempo di ritorno 200 anni del reticolo delle acque alte, vale a dire Torrente Marina, Torrente Marinella, Fiume Bisenzio, Gora del Ciliegio e Torrente Garille.

2) gli output del modello idraulico: i profili longitudinali e le sezioni trasversali con i livelli idrometrici, le tabelle di output;

Si rimanda all'Allegato digitale

o) in riferimento al capitolo 7, relativo alle opere idrauliche previste nel PS vigente, occorre esplicitare meglio le modalità di valutazione dell'efficacia dell'intervento di cassa di laminazione, evidenziando in ogni caso che nessuna valutazione di merito può essere fornita da questo Settore in assenza di un adeguato studio idrologico-idraulico dello stato di progetto;

p) nel capitolo 8, relativo alla descrizione delle carte, manca la descrizione della carta I07 "Aree presidiate da sistemi arginali e tombamenti";

si rimanda al Cap. 8 "Descrizione carte allegare allo studio";

q) occorre effettuare un censimento ed una cartografazione dei guadi presenti sui corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico della Regione Toscana, propedeutica sia alla individuazione di viabilità alternative/attraversamenti, sia alla definizione delle condizioni di utilizzo e dei soggetti concessionari.

Esiste un solo guado che risulta posizionato in corrispondenza dell'innesto del Torrente Marina in Bisenzio.

3 INQUADRAMENTO GENERALE

Lo studio è finalizzato a integrare e aggiornare la pericolosità idraulica del Comune di Campi Bisenzio analizzando l'intero reticolo regionale relativo sia delle acque alte che delle acque basse.

Al fine di perimetrare in maniera opportuna le aree potenzialmente allagabili lo studio è stato allargato rispetto ai confini comunali al fine di interessare anche le aste fluviali che si estendono all'interno dei comuni limitrofi.

I corsi d'acqua che interessano il Comune di Campi Bisenzio sono molti e i più importanti sono il Torrente Ombrone, il Fiume Bisenzio ed il Fiume Arno. Molti affluenti di questi ultimi, come il Torrente Marinella e il Torrente Marina, hanno dato spesso problematiche idrauliche importanti alle quali si aggiunge un funzionamento estremamente complesso del reticolo secondario strettamente influenzato dagli impianti idrovori esistenti in gestione al Consorzio di Bonifica Medio Valdarno.

Data la vastità del territorio analizzato, considerate le diverse caratteristiche morfologiche delle aree oggetto di studio, le diverse tipologie di problematiche presenti e la disponibilità di dati geometrici, idrologici ed idraulici relative ai vari corsi d'acqua, è stato deciso di suddividere il territorio analizzato in quattro porzioni distinte che possono essere così individuate:

- AREA 1 - zona dx Bisenzio: comprendendo tutto il territorio posto in destra idraulica del Fiume Bisenzio nel quale verranno effettuate verifiche per scenari trentennali e duecentennali per il reticolo delle acque basse sovrapponendo i risultati ai battenti calcolati sulla base dei livelli idrometrici risultanti dal P.G.R.A. e dal DTM Lidar. Verranno inoltre modificate le mappature relative ai transiti duecentennali derivanti dalle esondazioni del Fiume Bisenzio;
- AREA 2 - zona sx Bisenzio - dx Reale: comprendendo tutto il territorio compreso tra la sinistra idraulica del Fiume Bisenzio e la destra idraulica del Fosso Reale nel quale verranno effettuate verifiche per scenari con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni per il reticolo delle acque basse e alte, Bisenzio e Reale esclusi. Verranno inoltre modificate le mappature relative ai transiti duecentennali derivanti dalle esondazioni del solo Fiume Bisenzio in quanto il Fosso Reale non presenta fenomeni esondativi a seguito dell'ultimo studio idrologico-idraulico redatto a supporto della progettazione dell'ampliamento dell'aeroporto di Firenze;
- AREA 3 - zona sx Reale - dx Macinante: comprendendo tutto il territorio compreso tra la sinistra idraulica del Fosso Reale e la destra idraulica del Canale Macinante nel quale verranno effettuate verifiche per scenari trentennali per il reticolo delle acque basse e verranno calcolati i battenti duecentennali sulla base dei livelli idrometrici risultanti dal P.G.R.A. e del DTM Lidar;
- AREA 4 - zona sx Macinante - dx Arno: comprendendo tutto il territorio compreso tra la sinistra idraulica del Canale Macinante e la destra idraulica del Fiume Arno nel quale verranno effettuate verifiche per scenari trentennali per il reticolo delle acque basse e verranno calcolati i battenti duecentennali sulla base dei livelli idrometrici risultanti dal P.G.R.A. e del DTM Lidar.

Di seguito si riporta la rappresentazione della suddivisione del territorio nelle zone sopra descritte.

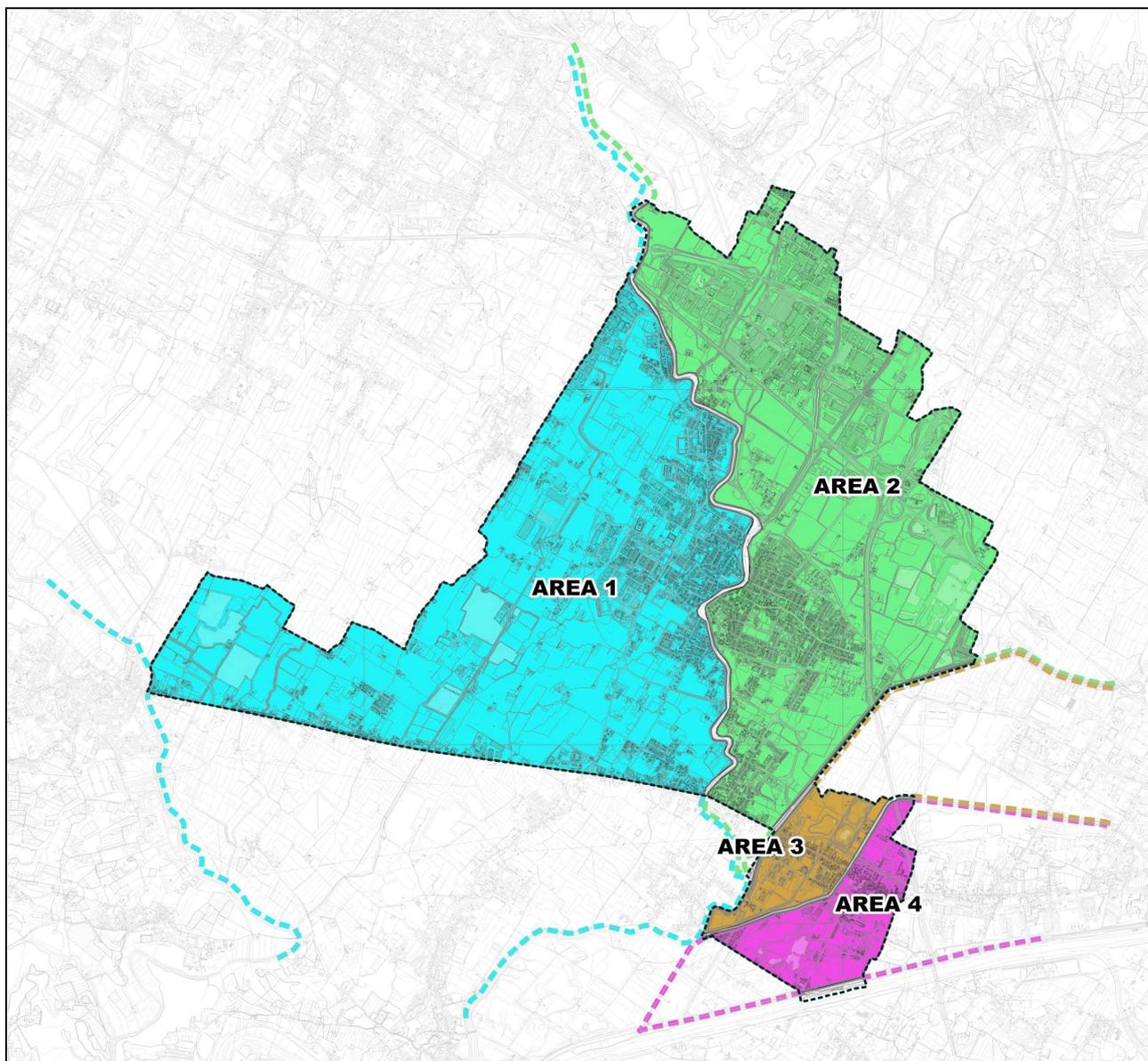


FIGURA 2. SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO IN ZONE

In ragione di quanto sopra indicato, le metodologie di analisi utilizzate per le quattro aree sono diverse le une dalle altre.

Sulla base dei risultati sono state desunte le perimetrazioni delle aree potenzialmente allagabili per eventi con tempo di ritorno pari a 30 e 200 anni in ottemperanza alle disposizioni normative regionali (vedi art. 104 della L.R. 65/2014) ed alle norme di attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni secondo la Direttiva Europea 2007/60/CE, approvata ai sensi dell'art.4 comma 3 del d.lgs. 219/2010 con deliberazione n.235 del 3 marzo 2016.

Lo studio è stato eseguito con metodologia conforme alle disposizioni normative regionali (vedi D.P.G.R. del 25/10/2011 n.53/R) e all'Allegato 3 delle norme del P.G.R.A., e/o concordato, per i comuni per cui tale metodologia è in fase di aggiornamento, con i tecnici dell'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale. Lo studio risulta conforme a quanto indicato nella Legge Regionale 41/2018.

4 DESCRIZIONE RETICOLO OGGETTO DI STUDIO

Il Comune di Campi Bisenzio è attraversato da un numero elevato di corsi d'acqua tra cui i più importanti sono il Torrente Ombrone, il Fiume Bisenzio e il Fiume Arno, i quali non sono stati oggetto di modellazione. I rimanenti corsi d'acqua sono suddivisi in sistema delle "acque alte" e sistema delle "acque basse"; entrambi i sistemi sono stato oggetto di modellazione e di seguito si riporta l'elenco dei corsi d'acqua studiati:

- SISTEMA ACQUE ALTE: Gora del Ciliegio, Torrente Marinella e Torrente Marina che confluiscono nel Fiume Bisenzio, Torrente Garille che confluisce nel Torrente Marina, Fosso Montisi che confluisce nel Torrente Marinella;
- SISTEMA ACQUE BASSE DX BISENZIO: Fosso Vingone che confluisce nel Torrente Ombrone con l'impianto idrovoro di Castelletti, Fosso Dogaia e Fosso Chiella che confluiscono nel Fosso Vingone, Fosso di Piano che confluisce nel Fiume Bisenzio con impianto idrovoro.
- SISTEMA ACQUE BASSE SX BISENZIO: Il reticolo del sistema delle acque basse posto in sinistra del Fiume Bisenzio risulta estremamente complesso quindi si riporta di seguito una tabella con indicata la denominazione dei corsi d'acqua studiati e del loro recettore finale. Alcuni di essi sono stati denominati dagli scriventi con la dicitura "Senza Nome" in quanto non sono stati trovati toponimi né in cartografia né sul reticolo regionale.

<i>CORSO D'ACQUA</i>	<i>RICETTORE</i>
<i>Fosso Pantano</i>	<i>Fosso Senza Nome 2</i>
<i>Fosso Fibbiana</i>	<i>Fosso Senza Nome 2</i>
<i>Fosso Senza Nome 3</i>	<i>Fosso Senza Nome 2</i>
<i>Fosso Gattinella</i>	<i>Fosso Senza Nome 2</i>
<i>Fosso Senza Nome 4</i>	<i>Fosso Senza Nome 2</i>
<i>Fosso Senza Nome 2</i>	<i>Fiume Bisenzio</i>
<i>Gora di Montalvo</i>	<i>Fosso Tomerello</i>
<i>Fosso Prataccio</i>	<i>Fosso Tomerello</i>
<i>Fosso Tomerello</i>	<i>Colatore o Collettore Destro delle Acque Basse</i>
<i>Fosso Acqualunga</i>	<i>Colatore o Collettore Destro delle Acque Basse</i>
<i>Fosso Gaine</i>	<i>Colatore o Collettore Destro delle Acque Basse</i>
<i>Fosso Rigognolo</i>	<i>Colatore o Collettore Destro delle Acque Basse</i>
<i>Fosso Prunaia</i>	<i>Colatore o Collettore Destro delle Acque basse</i>
<i>Collettore Destro</i>	<i>Colatore o Collettore Sinistro delle Acque Basse</i>
<i>Collettore Sinistro</i>	<i>Collettore Principale delle Acque Basse</i>
<i>Fosso San Donnino</i>	<i>Collettore Principale delle Acque Basse</i>
<i>Collettore Acque Basse</i>	<i>Fiume Bisenzio</i>

TABELLA 1. ELENCO CORSI D'ACQUA STUDIATI - RETICOLO ACQUE BASSE SX BISENZIO

Il corso d'acqua denominato "Senza Nome 2" confluisce nel Fiume Bisenzio con l'impianto di sollevamento di Crucignano e il Collettore Principale delle Acque Basse confluisce nel Fiume Bisenzio dopo aver attraversato l'impianto idrovoro di Viaccia posto immediatamente a monte dell'area dei Renai.

Di seguito si riporta una tabella con riportati per ogni corso d'acqua per cui non è stato individuato un nome ed è stato denominato "Fosso Senza Nome", i codici identificativi dell'attributo "IDRETLR79" riportato nel geoportale della Regione Toscana.

DENOMINAZIONE MODELLO HE-RAS	CODICE REGIONE TOSCANA
<i>Fosso Senza Nome 2</i>	<i>MV: 30772, 50340, 50339, 50337, 31187, 50327, 31344, 31464, 31526, 31581, 31699, 31717, 31806, 31844, 31982,</i>
<i>Fosso Senza Nome 3</i>	<i>MV31357</i>
<i>Fosso Senza Nome 4</i>	<i>MV: 31477, 50331, 31637, 31698</i>

TABELLA 2. ASSEGNAZIONE DEI CODICI IDENTIFICATIVI DEL GEOPORTALE REGIONALE AI CORSI D'ACQUA SENZA NOME

5 FASI DELLO STUDIO

La relazione si articola nei seguenti capitoli che si identificano con le diverse fasi dello studio:

1. **Acquisizione dati topografici:** tutti i dati topografici utilizzati nella modellazione idraulica dei vari corsi d'acqua sono stati ripresi dall'attuale PGRA del fiume Arno, tali dati sono stati poi georiferiti e sovrapposti ai dati disponibili tramite i voli LIDAR del 2008 e in particolare al DTM (Digital Terrain Model) costruito sulla base di detti dati LIDAR (scaricabili dal portale della Regione Toscana) aggiornati ed integrati con rilievi puntuali riguardanti infrastrutture di interesse pubblico quali strade e opere idrauliche presenti sul territorio;
2. **Analisi idrologica:** vengono descritte le metodologie di riferimento utilizzate per la modellazione, gli strumenti utilizzati per i calcoli e riportati i dati disponibili relativi ai bacini in esame. Si riportano inoltre i risultati ottenuti dai modelli utilizzati: tali risultati sono gli idrogrammi di piena per ogni tempo di ritorno valutato per tutti i sottobacini in esame. In considerazione delle diverse tipologie di riposta idrologica dei bacini oggetto di studio, l'analisi è stata effettuata con due diverse metodologie: Il modello idrologico HEC HMS per stimare gli idrogrammi di portata per i bacini pedecollinari (regime delle acque alte) e il modello idrologico URBIS 2003 per il reticolo di acque basse che interferiscono con il sistema fognario. I dati sono stati recepiti, in parte, anche dai recenti studi idraulici delle amministrazioni comunali adiacenti vedi Calenzano, Sesto Fiorentino e Prato;
3. **Analisi idraulica mono-dimensionale dei corsi d'acqua oggetto di studio e bi-dimensionale delle aree allagabili:** questo tipo di modelli viene utilizzato nel caso di aree inondabili ampie e in zone in cui è evidente la presenza di componenti di velocità in direzione ortogonale a quella dell'alveo. L'utilizzo di questa formulazione è necessario per una corretta interpretazione delle esondazioni a campagna, dove la presenza di aree urbanizzate e infrastrutture genera direzioni preferenziali di flusso;
4. **Perimetrazioni di rischio:** alla luce delle verifiche idrauliche sono state delimitate le aree a rischio idraulico per i diversi tempi di ritorno con individuazione di battenti idraulici e velocità di deflusso. Sono state redatte le mappe relative alla magnitudo idraulica in linea con quanto prescritto dalla LR 41/2018;
5. **Individuazione dei tratti tombati e delle aree presidiate da sistemi arginali.**

6 ACQUISIZIONE DATI TOPOGRAFICI

Tutti i dati topografici utilizzati nell'ambito dello studio sono stati georiferiti ai dati disponibili tramite i voli LIDAR e in particolare al DTM (*Digital Terrain Model*) costruito sulla base di tali voli.

6.1 DESCRIZIONE DELLA TECNICA DI RILEVAMENTO LIDAR

Il LIDAR (Light Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento "attivo" per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione. Si opera con un mezzo aereo, o elicottero, sul quale è posizionato il sistema laser a scansione che integra quattro unità principali: un laserscanner (composto da un sensore laser che emette impulsi elettrici), un'unità di acquisizione, un apparato per il posizionamento satellitare (GPS) e un sistema inerziale di navigazione (INS), per determinare la posizione (x,y) e l'orientamento del mezzo aereo in ogni istante. A terra viene installata una rete GPS per il posizionamento differenziale. La peculiarità del sistema LIDAR è l'altissima velocità di acquisizione dei dati, abbinata a un'elevata risoluzione. La tecnologia è nata alla fine degli anni '70 negli Stati Uniti e viene utilizzata diffusamente con impieghi molteplici, quali per esempio il monitoraggio costiero e l'analisi del rischio di ingressione marina, le valutazioni di rischio idraulico, le rilevazioni di tipo ambientale (es. ricerca di siti contaminati), la gestione delle foreste (per la misura di parametri critici quali densità, altezza dei fusti, ecc...), il rilievo di infrastrutture lineari (elettrodotti, condotte), il monitoraggio delle attività estrattive.

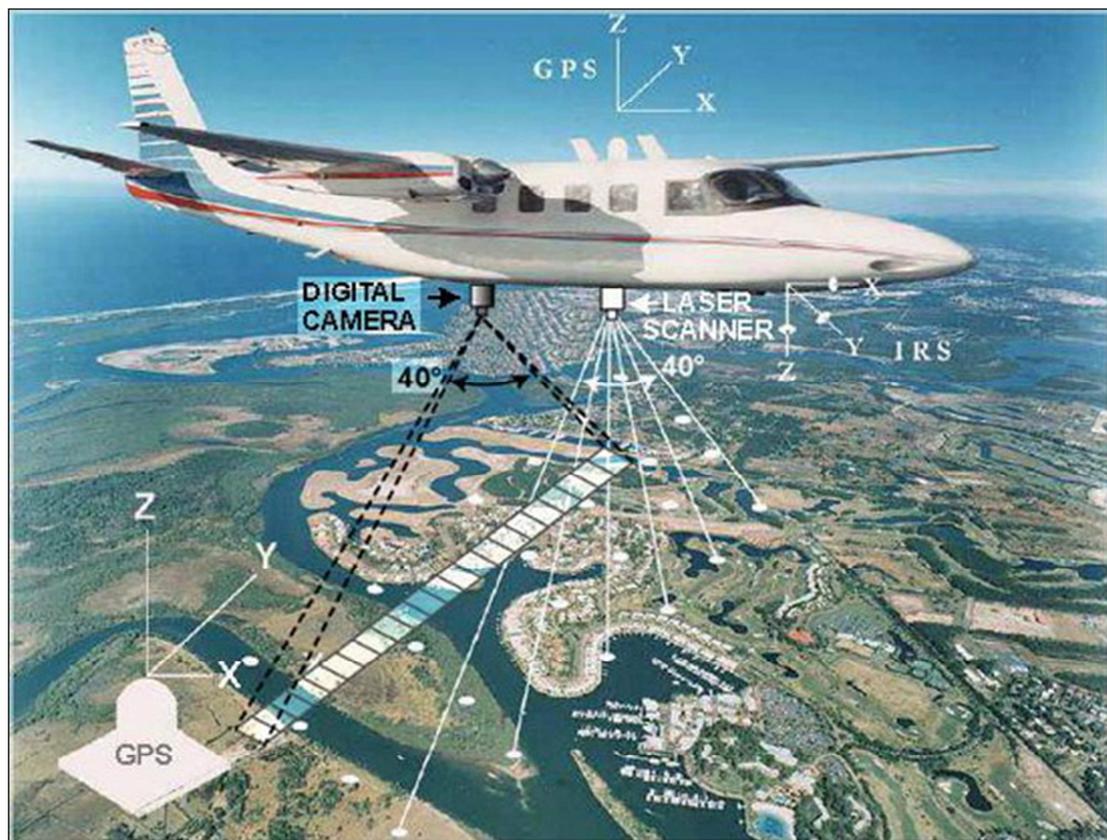


FIGURA 3. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA LIDAR

Il LIDAR permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser: come per il radar, che al posto della luce utilizza onde radio, la distanza dell'oggetto è determinata misurando il tempo trascorso tra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retro diffuso.

Il LIDAR è molto più utilizzato rispetto alla rilevazione radar poiché usa lunghezze d'onda (ultraviolette o infrarosse) che permettono di localizzare e ricavare immagini e informazioni su oggetti molto piccoli, di dimensioni pari alla lunghezza d'onda utilizzata.

Affinché un oggetto rifletta un'onda elettromagnetica, deve produrre una discontinuità dielettrica alle frequenze del radar (radio o microonde): di conseguenza un oggetto metallico produce una buona eco, mentre i "non metalli" come la pioggia, gli specchi d'acqua o le rocce producono riflessioni molto più deboli, mentre in alcuni casi non ne producono affatto. Il laser fornisce una soluzione a tali problemi avendo una lunghezza d'onda molto più breve rispetto al sistema radio: questo facilita la riflessione di oggetti molto piccoli e non percepibili mediante radar; ne conseguono maggiore accuratezza e dettaglio dei rilevamenti LIDAR e dei prodotti che da esso derivano, come i DTM a elevata risoluzione.

6.2 DATI LIDAR PER IL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO

Per il territorio oggetto di studio sono disponibili i DTM (Digital Terrain Model) ricostruiti in base ai rilievi Lidar realizzati mediante voli effettuati nell'anno 2008.

6.3 APPROFONDIMENTI TOPOGRAFICI SPECIFICI PER AGGIORNARE/DETTAGLIARE IL DTM

Sono stati inoltre eseguiti degli appositi rilievi topografici strumentali finalizzati ad aggiornare il DTM derivante da LIDAR per tener conto delle opere infrastrutturali, idrauliche etc. realizzate sul territorio oggetto di studio negli anni successivi al 2008.

Nello specifico le aree su cui sono state apportate le modifiche al DTM riguardano:

- sottopasso ferroviario di Via Vladimiro, nel Comune di Calenzano;
- area Interporto.

Sul territorio sono presenti altre aree interessate da modifiche topografiche a seguito di interventi edilizi localizzati, tuttavia le variazioni morfologiche non riportate nel DTM utilizzato nello studio rappresentano una porzione assolutamente marginale rispetto alla distribuzione complessiva degli allagamenti e pertanto non vanno ad inficiarne la bontà. Valutazioni diverse sarebbero state effettuate se tali difformità avessero comportato importanti ostacoli al deflusso delle acque come d'altronde è stato effettuato per le infrastrutture.

6.4 RILIEVI TOPOGRAFICI DEI CORSI D'ACQUA

I dati topografici utilizzati per la realizzazione del modello idraulico in oggetto sono i seguenti:

- per il Fosso Fibbiana, il Fosso Senza Nome 2, il Fosso Senza Nome 3, il Fosso Senza Nome 4, il Fosso Gattinella, il Fosso Prunaia, il Fosso Pantano e il Fosso di Piano sono stati utilizzati dei rilievi appositamente eseguiti dagli scriventi;
- per il Torrente Vingone, il Fosso Chiella e il Fosso Dogaia sono stati utilizzati i dati provenienti dal "Rilievo topografico di dettaglio della rete di Bonifica, opere ed impianti del

Sistema “1” nella Piana di Prato”, eseguito dallo Studio Durazzani e datato 2016, in possesso del Consorzio di Bonifica Medio Valdarno;

- per il Canale San Donnino e il Fosso Gavina-Collettore Acque Basse sono stati utilizzati i dati provenienti dal “Rilievo topografico di dettaglio”, eseguito dallo Studio Frassinetti e datato 2013, in possesso del Consorzio di Bonifica Medio Valdarno;
- per il Collettore Destro sono stati utilizzati i dati provenienti dal “Rilievo topografico del Fiume Reale, nel tratto compreso tra l'immissione nel Fiume Bisenzio ed il polo scientifico universitario di Sesto Fiorentino e del Torrente Chiosina, nel tratto compreso tra l'attraversamento ferroviario GI-BO e l'attraversamento di Via Giusti, nei comuni di Signa, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino e Calenzano”, eseguito dallo Studio Durazzani e datato 2006, in possesso del Consorzio di Bonifica Medio Valdarno. Si fa notare che gli attraversamenti presenti sul corso d'acqua di cui sopra sono stati rilevati dagli scriventi, in quanto mancanti nel rilievo utilizzato;
- per il Fosso Tomerello, la Gora di Montalvo e il Fosso Prataccio sono stati utilizzati i dati provenienti dal “Rilevamento topografico di dettaglio della Gora di Montalvo, del Canale di Tomerello, del Canale Prataccio Sud e Nord, del Collettore sx del T. Marina, del Collettore dx del T. Garille, nei comuni di Sesto Fiorentino e Campi Bisenzio, eseguito dallo Studio Nicolodi e datato 2015, in possesso del Consorzio di Bonifica Medio Valdarno. Si fa notare che gli attraversamenti presenti sui corsi d'acqua di cui sopra sono stati rilevati dagli scriventi, in quanto mancanti nel rilievo utilizzato;
- per il Collettore Sinistro sono stati utilizzati i dati provenienti dal “Rilievo topografico di dettaglio del canale Aeroporto e del colatore sinistro del Fosso Reale nei Comuni di Firenze, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio e Signa”, eseguito dallo Studio Nicolodi e datato 2015, in possesso del Consorzio di Bonifica Medio Valdarno. Si fa notare che gli attraversamenti presenti sul Collettore Sinistro sono stati rilevati dagli scriventi, in quanto mancanti nel rilievo utilizzato;
- per il Fosso Acqualunga sono stati utilizzati i dati provenienti da “Esecuzione di rilievi topografici di dettaglio dei canali nei comuni di Campi Bisenzio e Sesto Fiorentino”, eseguito dallo Studio Durazzani e datato 2014, in possesso del Consorzio di Bonifica Medio Valdarno
- per il Torrente Marinella e il Fosso della Vallaccia sono stati utilizzati i dati provenienti da campagne topografiche precedentemente svolte da Enti Pubblici;
- per la Gora del Ciliegio sono stati utilizzati i dati provenienti dalla “Sistemazione del comparto idraulico Interporto della Toscana Centrale”, dell'anno 2006 e in possesso di Provincia di Prato e Consorzio di Bonifica Area Fiorentina;
- per il Torrente Marina e il Torrente Garille sono stati utilizzati i dati presenti nel modello idraulico fornito dal Consorzio di Bonifica Medio Valdarno.

Tutti i dati topografici di cui sopra e le geometrie dei corsi d'acqua oggetto di modellazione sono stati poi georiferiti e sovrapposti al DTM (Digital Terrain Model) costruito sulla base dei dati LIDAR di cui ai paragrafi precedenti. Laddove necessario le sezioni topografiche sono state integrate con sezioni estratte dal DTM LIDAR e modificate sulla base di quote in possesso e rilievi speditivi.

7 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata condotta con riferimento a scenari di pioggia per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni e durate dell'evento di 1, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore, al fine di determinare idrogrammi di piena che massimizzino sia le portate che i volumi di tracimazione dai vari corsi d'acqua. Gli idrogrammi di piena per eventi di durata 18 ore sono stati calcolati solo per i corsi d'acqua del reticolo delle acque alte in quanto, dal modello idraulico realizzato per la redazione del P.G.R.A., si evince che tale durata massimizza i volumi tracimati dal Fiume Bisenzio, viceversa, per il reticolo delle acque basse risulta una durata superflua poiché quelle che massimizzano i battenti sono gli scenari di 24 e 36 ore.

Le curve di possibilità pluviometrica sono state stimate a partire da quelle redatte dall'Università di Firenze per conto della Regione, utilizzando i dati pluviometrici a tutto il 2012.

La curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella forma generica:

$$h = a t^n$$

dove:

- h altezza di pioggia [mm/h];
- t durata dell'evento [h];
- a coefficiente dipendente dal tempo di ritorno [mm/hⁿ];
- n esponente della curva di possibilità pluviometrica.

Gli studi condotti dall'Università di Firenze forniscono i valori di a e n su una maglia di 1 km x 1 km su tutto il territorio regionale per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni.

Approssimando con un legge di potenza la curva di crescita, che dipende dal modello probabilistico utilizzato per la stima delle altezze di pioggia per le varie durate e per i vari tempi di ritorno, la curva di possibilità pluviometrica può essere espressa nella forma:

$$h = a' t^n T^m$$

dove:

- a' coefficiente [mm/hⁿ y^m];
- T tempo di ritorno [y].

Di norma la curva di possibilità pluviometrica presenta due andamenti distinti per le durate inferiori e superiori all'ora con differenti coefficienti. Gli studi condotti dalla Università di Firenze forniscono i dati solo per durate superiori all'ora, il cui utilizzo risulta comunque cautelativo.

L'analisi idrologica è stata svolta tramite i due software idrologici di seguito riportati:

- HEC-HMS, tramite il metodo "Soil Moisture Accounting" per la stima delle perdite per infiltrazione nel modello afflussi-deflussi, utilizzato per le porzioni dei bacini idrografici del Torrente Marinella, del Fosso Montisi e della Gora del Ciliegio poste a monte della sezione iniziale di ciascuno di essi, corrispondenti ad aree pedecollinari;

- URBIS 2003, tramite il metodo del CN-SCS per stimare le perdite per infiltrazione e il metodo del serbatoio lineare con calcolo della costante d'invaso mediante l'equazione di Pedersen per il calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo, utilizzato per i corsi d'acqua che interagiscono con il sistema fognario, le cosiddette acque basse.

In particolare, è stato utilizzato il software HEC-HMS con il metodo "Soil Moisture Accounting", in quanto già utilizzato per gli stessi corsi d'acqua nello studio redatto a supporto della stesura della Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato.

Si fa notare che per gli idrogrammi alle sezioni di monte del Torrente Marina, del Torrente Garille e del Fosso Gavina-Collettore Principale delle Acque Basse sono stati utilizzati i dati ricavati dallo studio a supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Calenzano e Sesto Fiorentino redatto dalla D.R.E.Am Italia.

Nei paragrafi seguenti si riporta la descrizione dettagliata dei metodi utilizzati per la stima degli idrogrammi di piena, riportati nell'Allegato 1, relativamente ai bacini idrografici oggetto di analisi.

Gli idrogrammi di piena sono inoltre stati tarati sulla massima portata smaltibile dal manufatto di recapito nel corso d'acqua utilizzando una formula in moto permanente di Chezy con pendenza standardizzata al 0.25% e coefficiente di scabrezza di Gauckler Strickler pari a 60.

7.1 ANALISI IDROLOGICA CON HEC-HMS

Il software libero HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, è un modello idrologico messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center dell' USACE (US Army Corps of Engineers) per simulare accuratamente i processi idrologici che avvengono all'interno di un bacino idrografico. Al suo interno sono implementate le principali formulazioni utilizzate nella pratica idrologica per il calcolo delle perdite per infiltrazione (quindi del volume di run-off), la trasformazione afflussi-deflussi con possibilità di considerare anche il contributo del deflusso di base, la propagazione dell'onda di piena nei canali e la descrizione di invasi naturali o artificiali.

Di conseguenza, tale software permette di descrivere quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero e in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i suoi collettori drenanti, nonché di simulare la risposta di un bacino idrografico investito da un evento meteorico di caratteristiche note.

Vengono di seguito presentate le diverse fasi di implementazione del software attraverso i seguenti passaggi procedurali:

- definizione dei componenti del sistema idrografico;
- individuazione della metodologia di stima delle perdite di bacino;
- impostazione della trasformazione afflussi-deflussi;
- definizione dei parametri di propagazione dei deflussi;
- analisi meteorologica;
- trasformazione afflussi-deflussi;
- taratura dei parametri idrologici.

Attraverso il modulo **BASIN MODEL** viene definita la caratterizzazione fisica del bacino idrografico: ciascuno degli elementi idrologici che compongono il sistema in esame può essere definito compiutamente dal punto di vista fisico-morfologico e idrologico mediante uno specifico editor.

Gli elementi idrologici simulabili sono: SUBBASIN (sottobacino), JUNCTION (confluenza), REACH (tratto di corso d'acqua), RESERVOIR (bacino di invaso o serbatoio), DIVERSION (scolmatore o diversivo), SOURCE (sorgente) e SINK (pozzo); ciascun elemento viene connesso in una rete ad albero. In ogni sottobacino i processi idrologici vengono modellati distinguendo tre fasi: le perdite iniziali, la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali e il processo del deflusso subsuperficiale, o deflussi di base; devono essere specificati i metodi di calcolo per ciascuna delle tre fasi sopra indicate (LOSS METHOD, TRANSFORM METHOD e BASEFLOW METHOD). Per quanto riguarda il Loss Method, ovvero il metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione nei modelli afflussi-deflussi, il programma consente di stimare le perdite per infiltrazione attraverso l'applicazione di diverse metodologie; a seguito di riunioni con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno, nel presente studio è stato applicato il metodo SMA (*Soil Moisture Accounting*), il quale fa riferimento a parametri fisicamente basati e consente di rappresentare l'umidità del suolo a invaso multiplo. In particolare, a supporto della modellazione afflussi-deflussi è stata presa come base la mappatura pedologica e i relativi parametri idraulici provenienti dal "DB Pedologico Regione Toscana" aggiornato al 2017.

Date le caratteristiche parametriche della modellazione proposta, si fa riferimento ai seguenti parametri:

- Max Infiltration (mm/hr), in funzione del valore di Ksat_150 (cm/h);
- Impervious (%), in funzione dell'uso del suolo (porzione impermeabile);
- Soil storage (mm), pari al valore Grav;
- Tension Storage (mm);
- Soil percolation (mm/hr), assunto pari a Ksat_150, corrispondente a 1/10 di Max Infiltration.

Relativamente ai metodi di calcolo della trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali, che, a partire dalla quota parte di precipitazione che effettivamente contribuisce alla formazione del deflusso superficiale, determinano il conseguente idrogramma, il codice di calcolo consente di applicare sette diversi metodi. Quello utilizzato nel presente studio è il metodo del Soil Conservation Service-Unit Hydrograph (SCS-UH), che ha il pregio di essere di applicazione generale e di richiedere solamente un parametro per la sua definizione: il tempo di ritardo (**Lag Time**). Quest'ultimo rappresenta il tempo di risposta medio del bacino definito come lo sfasamento tra il centroide dello ietogramma di pioggia effettiva e quello dell'idrogramma di deflusso diretto (Singh, 1975; 1988): per determinarlo è stata usata la formula

$$t_{lag}=0.6t_c$$

dove t_c è il tempo di corrivazione del sottobacino in esame.

Per ciascun bacino idrografico, il valore del tempo di corrivazione necessario per determinare il tempo di ritardo immesso nel modello oggetto del presente studio è stato preso pari alla media dei valori ottenuti secondo le formule di cui sotto:

– Formula di Pasini

$$T_c = \frac{0.108(AL)^{1/3}}{\sqrt{i_m}} = 1.49 \quad [ore]$$

– Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{z_m}} = 1.39 \quad [ore]$$

– Formula di Kirpich

$$T_c = 0.000325L^{0.77}S^{-0.385} = 0.42 \quad [ore]$$

– Formula di Ventura

$$T_c = 0.1272\sqrt{A/i_m} = 1.31 \quad [ore]$$

Una volta impostato il basin model, occorre inserire i dati di pioggia mediante il modulo **TIME SERIES DATA**: a tal proposito si ricostruisce lo ietogramma di pioggia di progetto, per i due tempi di ritorno di interesse (Tr 30 e Tr 200), utilizzando i valori di altezza di pioggia mediati sul sottobacino in esame; nel calcolo sono stati scelti i tempi t in modo tale da esaminare le durate di pioggia che riescono a mettere maggiormente in crisi il bacino dal punto di vista idrologico (1, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore).

L'analisi pluviometrica viene quindi eseguita tramite il componente **METEOROLOGIC MODEL**, che consente di definire i dati di pioggia di riferimento: in particolare sono stati applicati ietogrammi direttamente definiti dall'utente (User-Specified Hyetograph), in questo caso uniformi su tutto il bacino.

L'analisi meteorologica permette anche di stimare gli eventuali processi di evapotraspirazione e scioglimento del manto nevoso. Nel modello possono anche essere inseriti dati di portata o livelli noti, serie di temperature, velocità del vento, ecc.

La simulazione idrologica vera e propria viene effettuata combinando il modello morfologico del bacino definito nel componente BASIN MODEL sia con i dati pluviometrici introdotti nel METEOROLOGICAL MODEL che con un'ulteriore variabile, che consiste nella definizione, tramite la componente **CONTROL SPECIFICATION**, dell'intervallo di tempo per il quale è stata effettuata la simulazione, nonché della discretizzazione temporale di calcolo.

I risultati delle simulazioni effettuate possono essere visualizzati sia tramite tabelle riassuntive che tramite grafici e serie numeriche complete dell'intero processo di formazione e trasferimento dei deflussi superficiali.

7.2 ANALISI IDROLOGICA CON URBIS 2003

Per ricostruire gli idrogrammi relativi ai bacini di fondovalle dei corsi d'acqua oggetto di modellazione, è stato fatto riferimento al metodo del serbatoio lineare, in quanto metodologia più adatta per definirne la risposta idrologica. In particolare è stato utilizzato il software URBIS 2003, programma di idrologia urbana che consente di stimare gli idrogrammi di piena conseguenti a piogge reali o di progetto.

Gli step fondamentali del modello di calcolo sono:

- *inserimento manuale dello ietogramma di pioggia non depurato $p(t)$* : determinando l'intervallo temporale di discretizzazione con cui si vogliono inserire le piogge (5 minuti) e i valori di altezza di pioggia (ricavati in ambiente GIS);
- *selezione del metodo di calcolo delle perdite per infiltrazione*: in questo caso è stato scelto il metodo SCS-CN, inserendo il valore del CNIII medio per ogni sottobacino, ricavato dal "DB Pedologico Regione Toscana" aggiornato al 2017;
- *calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH) $H(t)$* , corrispondente alla risposta del sistema all'impulso unitario $\delta(t)$ (delta di Dirac). L'IUH serve per esprimere una serie di caratteristiche del bacino che si assumono indipendenti dall'evento di pioggia, ipotizzando che il bacino stesso si comporti come un unico invaso lineare. L'IUH è stato così calcolato con il metodo del serbatoio lineare mediante la Formula di Pedersen, che fa dipendere il valore della costante di invaso k dalle caratteristiche della precipitazione e del sottobacino, quali superficie, pendenza e scabrezza, ricavate in ambiente GIS;
- *stima dell'idrogramma di piena*: mediante convoluzione di uno ietogramma netto con un idrogramma unitario discretizzati con medesimo passo temporale dT , insistenti su una determinata superficie.

7.3 RISULTATI FORNITI DA ALTRI STUDI

Allo scopo di ottenere uniformità di mappatura delle aree allagabili del Comune di Campi Bisenzio, derivanti dalle modellazioni svolte nel presente studio, con quelle dei comuni limitrofi, vale a dire Prato, Calenzano e Sesto Fiorentino, sono stati ripresi alcuni risultati idrologici e idraulici dagli studi che hanno interessato il territorio circostante Campi Bisenzio. Nel dettaglio lo studio eseguito a supporto della stesura della variante al Piano Strutturale del Comune di Prato redatto dagli scriventi e quello a supporto degli strumenti urbanistici dei comuni di Calenzano e Sesto Fiorentino redatto da D.R.E.Am Italia. Di seguito si riporta un estratto del reticolo idrografico regionale ai sensi della L.R. 79/2012 e s.m.i. con indicati i confini comunali, da cui si evince che il Comune di Campi Bisenzio è posto a valle di Prato, Calenzano e Sesto Fiorentino, ne consegue che, per alcuni corsi d'acqua, è stato necessario riprendere i risultati derivanti dagli altri studi allo scopo di ottenere uniformità di mappatura delle aree allagabili.

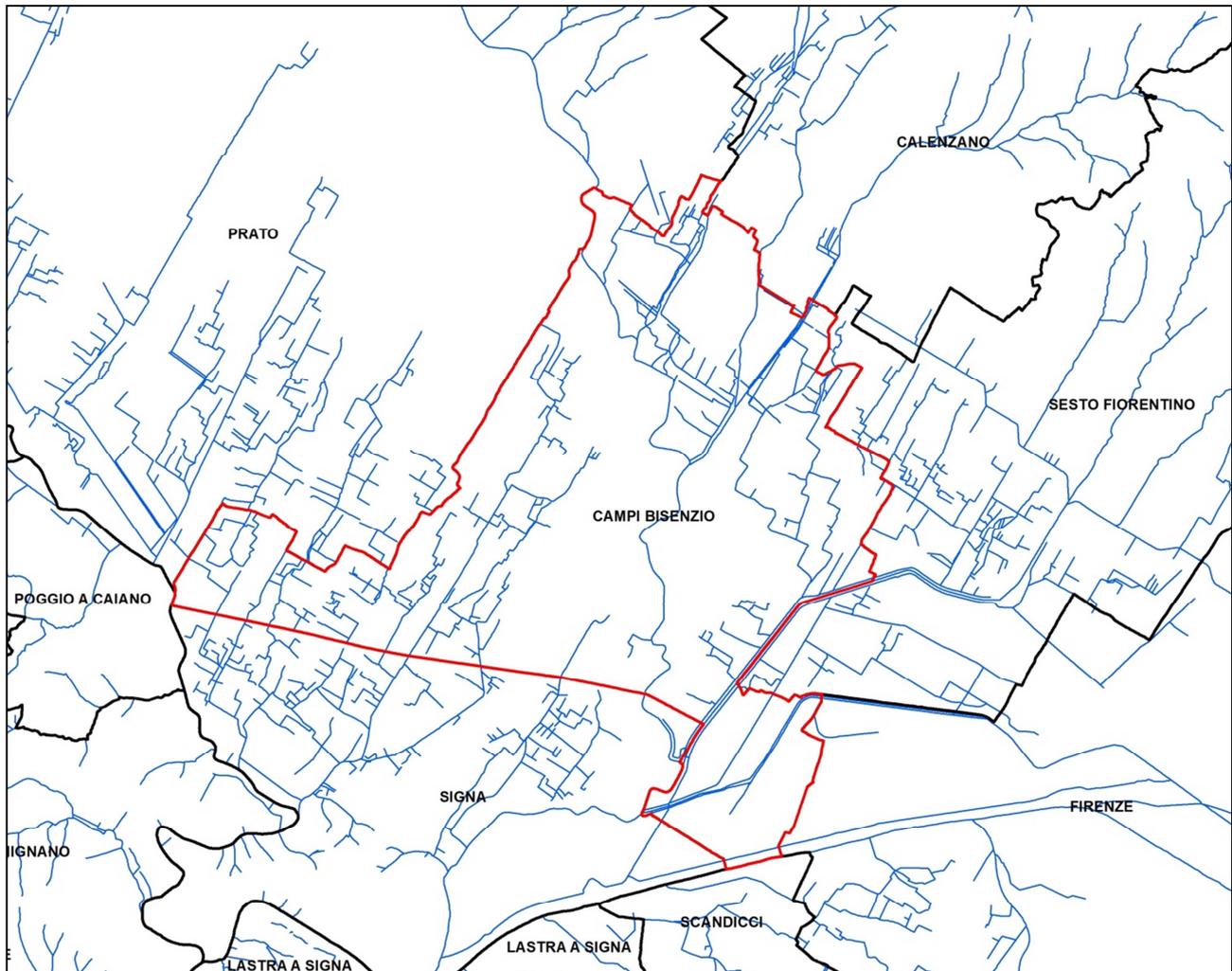


FIGURA 4. ESTRATTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE AI SENSI DELLA L.R. 79/2012

Nel dettaglio i corsi d'acqua, i cui tratti di monte scorrono al di fuori del confine comunale di Campi Bisenzio, e che sono stati oggetto dei recenti studi idrologici e idraulici a supporto degli strumenti urbanistici comunali, sono di seguito riportati:

- Gora di Castelnuovo – Studio redatto per Prato
- Gora Bandita – Studio redatto per Prato
- Torrente Marinella – Studio redatto per Prato
- Fosso Montisi – Studio redatto per Prato
- Torrente Marina – Studio redatto per Calenzano
- Torrente Garille – Studio redatto per Calenzano
- Collettore Principale delle Acque Basse – Studio redatto per Sesto Fiorentino

I corsi d'acqua di cui sopra sono stati analizzati, negli studi redatti per i comuni di Prato, Calenzano e Sesto Fiorentino, per scenari con durate dell'evento piovoso solo fino alle 6 ore, in quanto le caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici e del territorio oggetto di modellazione bi-

dimensionale sono tali da poter considerare, ai fini della stima degli allagamenti, le sole durate brevi che massimizzano le portate di picco e quindi le esondazioni. Viceversa, il territorio del Comune di Campi Bisenzio risulta interessato dalle tracimazioni del Fiume Bisenzio e del Fiume Arno, sia direttamente dalle proprie sponde sia per rigurgito all'interno degli affluenti e da quelle dei sistemi delle acque basse che confluiscono nel Bisenzio e Ombrone mediante impianti idrovori. Ne consegue che, allo scopo di redigere le carte degli allagamenti, è stato necessario analizzare scenari lunghi poiché la massimizzazione dei volumi e delle portate tracimate si hanno per durate di 18 ore per il Fiume Bisenzio e di 36 ore per Fiume Arno ed il reticolo acque basse. Quest'ultimo risente infatti delle portelle vinciane presenti alle confluenze, le quali restano chiuse per lunghi intervalli di tempo, e dei bloccaggi degli impianti idrovori dovuti al raggiungimento di livelli critici per il corso d'acqua ricettore.

Nel dettaglio i risultati idrologici e idraulici ripresi dagli studi di cui sopra sono di seguito riportati:

- idrogrammi di piena del Torrente Marina e del Torrente Garille a valle del rilevato ferroviario risultanti dalle simulazioni idrauliche per scenari con tempi di ritorno 30 e 200 anni e durate di 1, 3 e 6 ore sono stati desunti dallo studio idraulico allegato allo strumento urbanistico del Comune di Calenzano. Lo studio non prevedeva le durate di 12, 18, 24 e 36 ore e pertanto gli idrogrammi idrologici sono stati forniti da D.R.E.Am. Italia, che ha redatto lo studio suddetto, verificando che i valori di portata di picco fossero inferiori alla portata massima smaltibile in alveo dalle simulazioni idrauliche delle durate studiate. Allo scopo di dettagliare la verifica eseguita dagli scriventi si riportano di seguito gli idrogrammi di piena per tempo di ritorno 200 anni e durate di 1, 3 e 6 ore del Torrente Garille e del Torrente Marina nelle sezioni a valle del rilevato ferroviario ottenuti dallo studio idraulico redatto a supporto degli strumenti urbanistici dei comuni di Calenzano e Sesto Fiorentino.

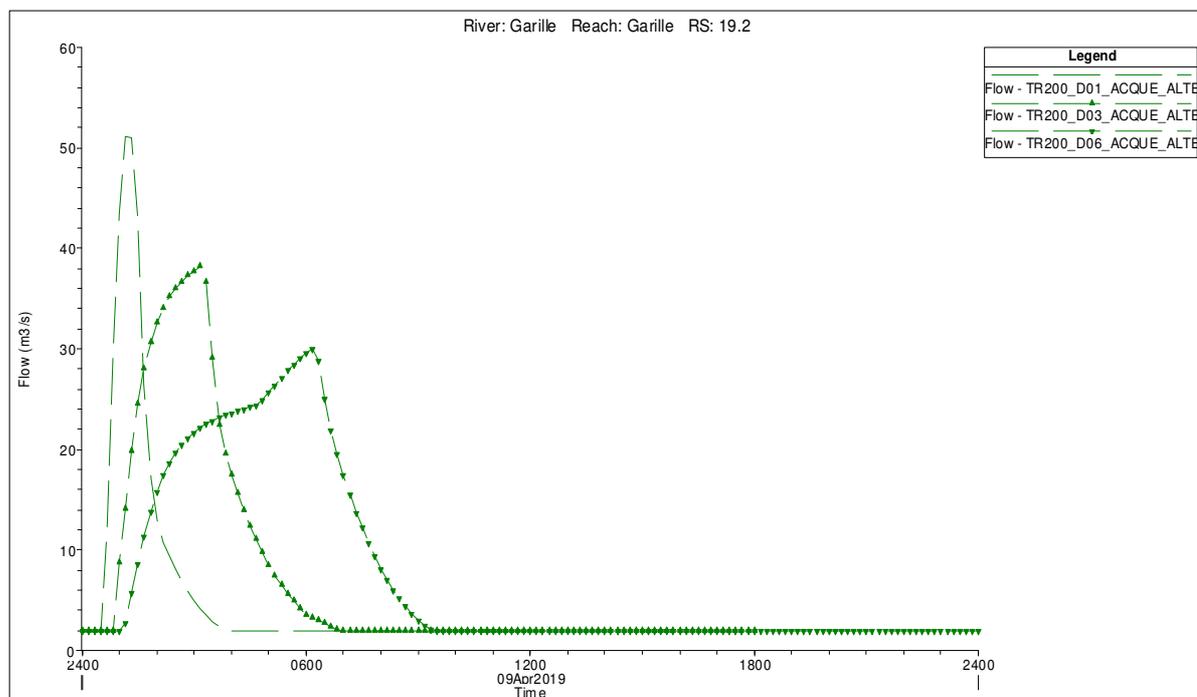


FIGURA 5. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200 ANNI E D = 1, 3 E 6 H DEL T. GARILLE A VALLE DEL RILEVATO FERROVIARIO

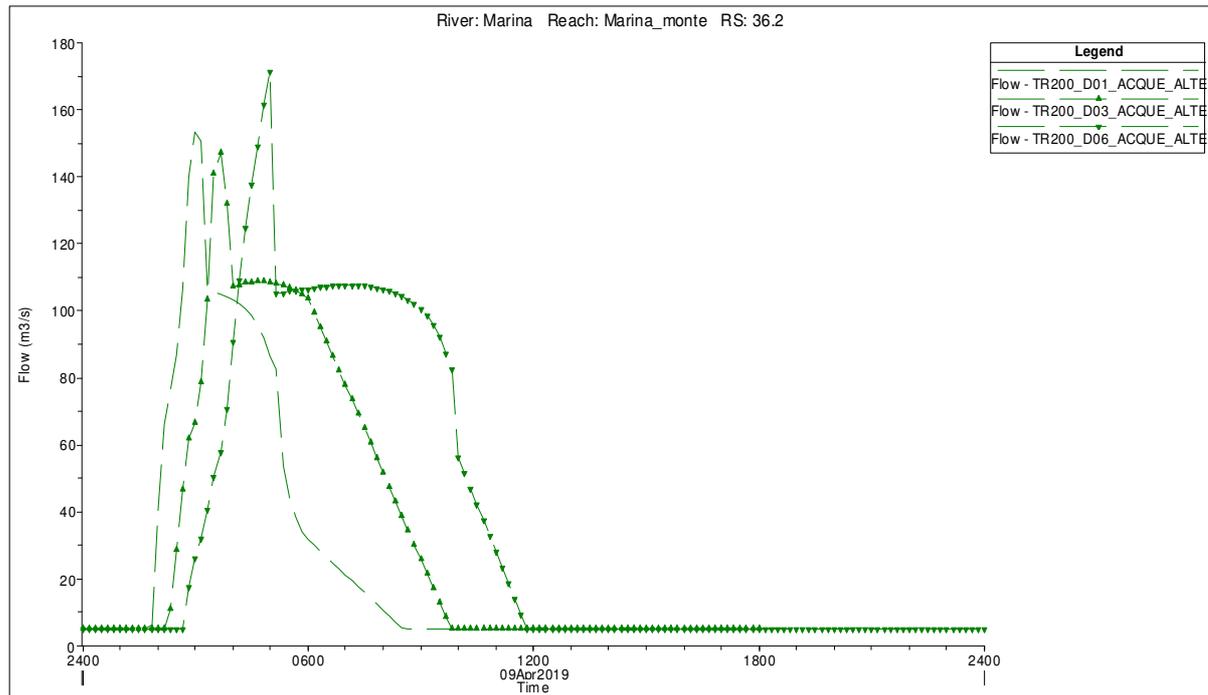


FIGURA 6. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200 ANNI E D = 1, 3 E 6 H DEL T. MARINA A VALLE DEL RILEVATO FERROVIARIO

Da quanto sopra riportato si evince che:

1. la portata di picco per tempo di ritorno 200 anni transitabile in alveo nel Torrente Garille è di 51.13 mc/s e si ottiene per la durata di 1 ora;
2. la portata di picco per tempo di ritorno 200 anni transitabile in alveo nel Torrente Marina è di 171.41 mc/s e si ottiene per la durata di 6 ore;

Si riportano di seguito gli idrogrammi di piena per le durate di 12, 18, 24 e 36 ore messi a confronto con quello che massimizza la portata massima transitabile in Garille, pari a 1 ora, e in Marina, pari a 6 ore.

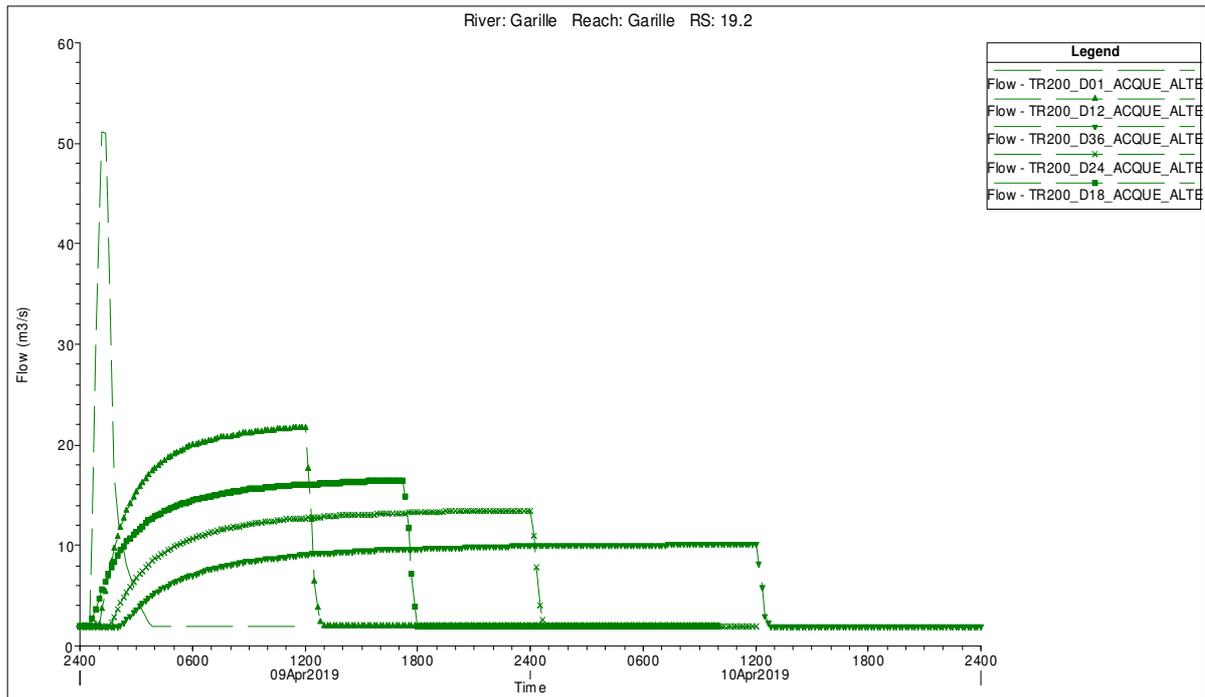


FIGURA 7. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200 ANNI E D = 6, 12, 18, 24 E 36 H DEL T. GARILLE A VALLE DEL RILEVATO FERROVIARIO

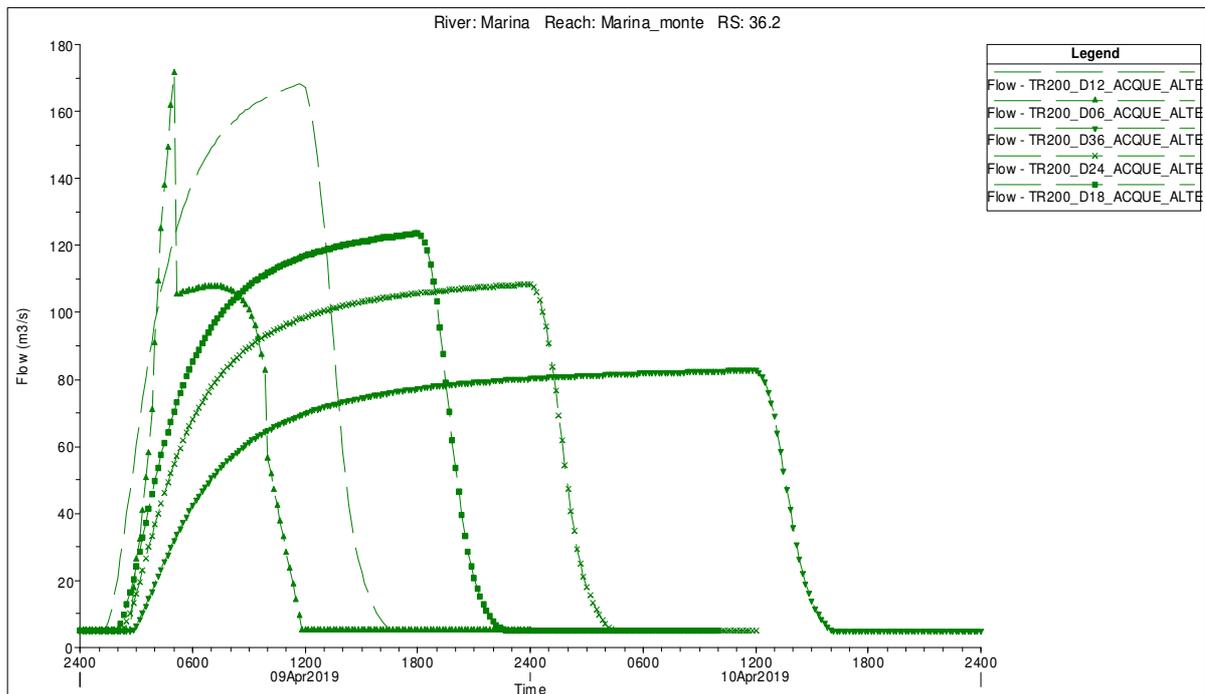


FIGURA 8. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR200 ANNI E D = 6, 12, 18, 24 E 36 H DEL T. MARINA A VALLE DEL RILEVATO FERROVIARIO

Da quanto sopra riportato si evince che le portate di picco per le durate superiori a 6 ore sono tutte inferiori ai valori di riferimento come massimi smaltibili in alveo.

Pertanto gli idrogrammi idrologici per le durate di 12, 18, 24 e 36 ore sono stati utilizzati tal quali come input del modello idraulico nel caso che la portata di picco fosse risultata minore di quella suddetta.

Per quanto riguarda il Torrente Marina, non essendo possibile valutare senza la modellazione idraulica del tratto di monte, il funzionamento delle casse d'espansione in tali scenari, si sono assegnati, cautelativamente, gli idrogrammi idrologici tal quali senza apportare sottrazione di volumi. Tale assunzione risulta in linea con quanto eseguito nella modellazione redatta a supporto dell'attuale P.G.R.A., dove le confluenze di Marina e Garille in Bisenzio sono state inserite in termini di idrogrammi idrologici in tutti gli scenari di modellazione.

- idrogrammi di piena del Collettore Principale delle Acque Basse a valle del rilevato autostradale della A1 risultanti dalle simulazioni idrauliche per scenari con tempo di ritorno 30 anni e durate di 1, 3 e 6 ore, viceversa, per le durate di 12, 24 e 36 ore, le cui simulazioni non sono state svolte nello studio di cui sopra, sono stati forniti da D.R.E.Am. Italia gli idrogrammi idrologici tarando i valori di portata di picco sulla portata massima risultante in alveo dalle simulazioni idrauliche; le simulazioni per tempo di ritorno 200 anni del Collettore Principale delle Acque Basse non sono state svolte nel presente studio in quanto il corso d'acqua scorre nel territorio compreso tra la sinistra del Fosso Reale e la destra del Fiume Arno, definito "Area 3" in Premessa.

Per quanto riguarda il tempo di ritorno 30 anni si riportano di seguito gli idrogrammi di piena per le durate brevi alla sezione posta a valle del rilevato autostradale della A1 risultanti dalle simulazioni idrauliche eseguite a supporto degli strumenti urbanistici dei comuni di Calenzano e Sesto Fiorentino.

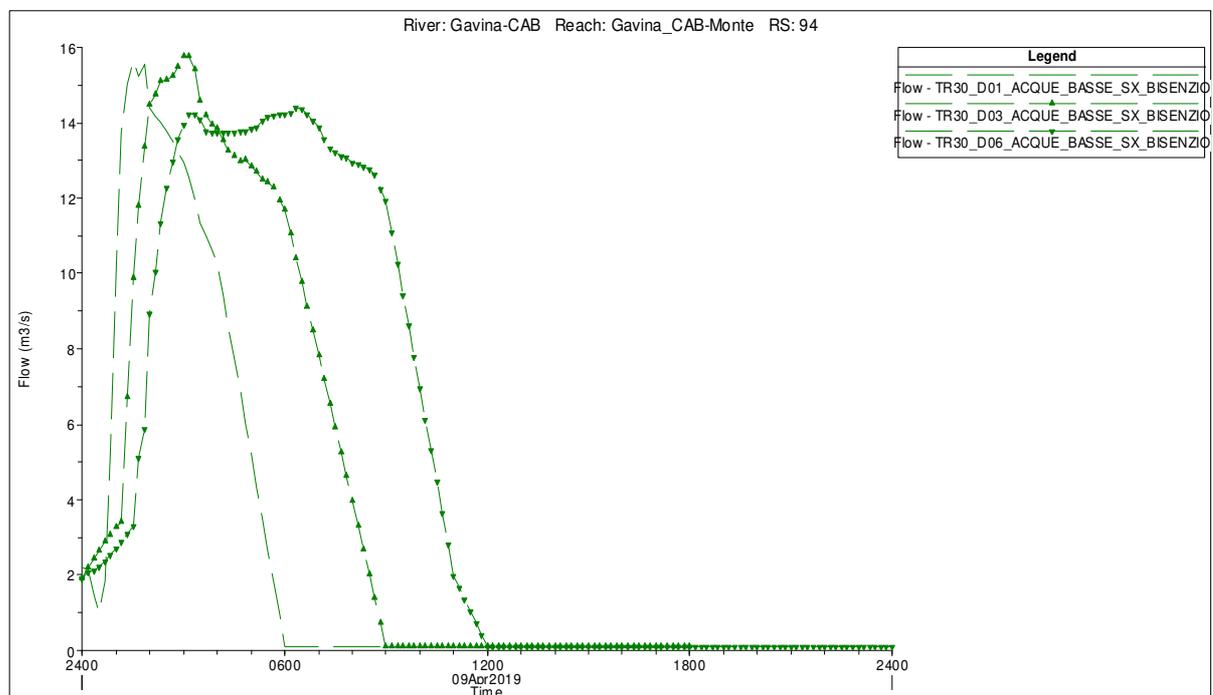


FIGURA 9. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR30 ANNI E D = 1, 3 E 6 H DEL COLLETTORE PRINCIPALE DELLE ACQUE BASSE A VALLE DEL RILEVATO AUTOSTRADALE DELLA A1

Da quanto sopra riportato si evince che la portata massima per tempo di ritorno 30 anni transitabile in alveo nel Collettore Principale delle Acque Basse è di 15.80 mc/s e si ottiene per la durata di 3 ore.

Si riportano di seguito gli idrogrammi di piena per le durate di 12, 18, 24 e 36 ore messi a confronto con quello che massimizza la portata massima transitabile nel Collettore Principale delle Acque Basse, pari a 3 ore.

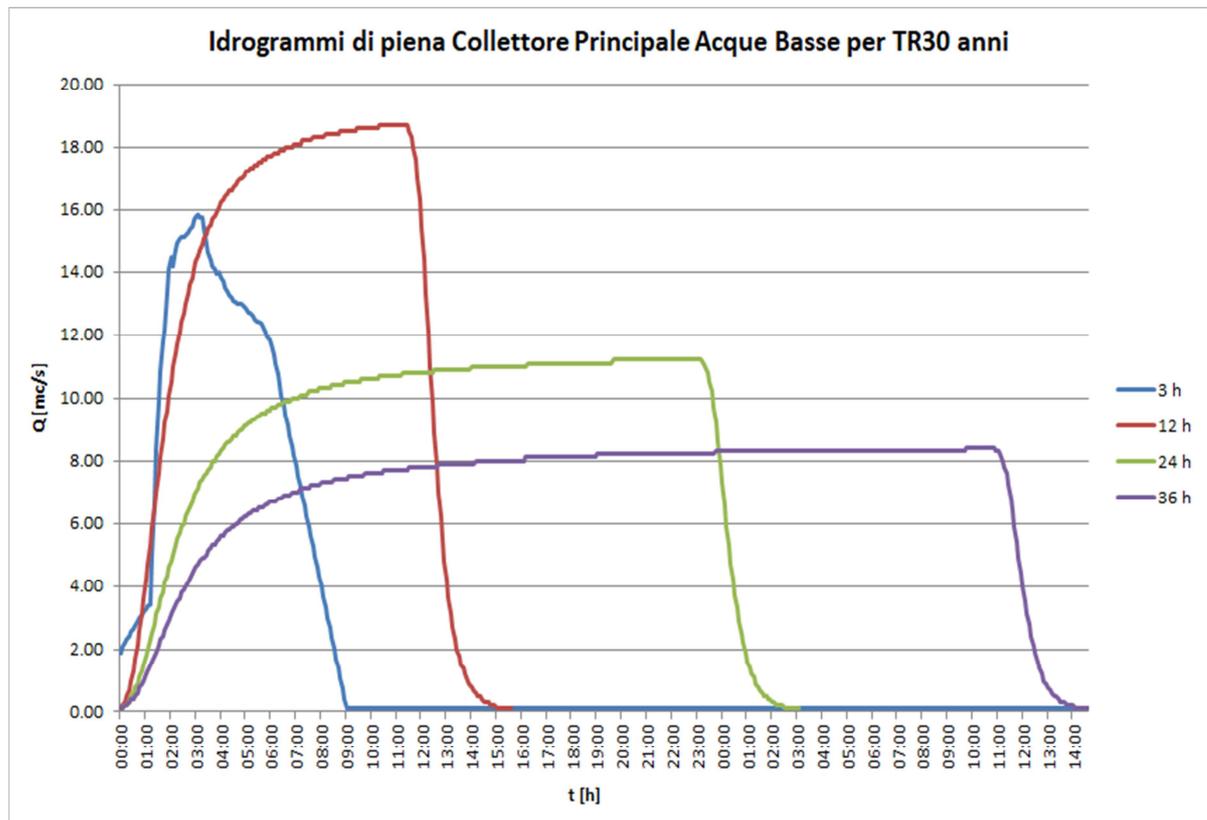


FIGURA 10. IDROGRAMMI DI PIENA PER TR30 ANNI E D = 3, 12, 24 E 36 H DEL COLLETTORE PRINCIPALE DELLE ACQUE BASSE A VALLE DEL RILEVATO AUTOSTRADALE DELLA A1

Da quanto sopra riportato si nota che per la durata di 12 ore la portata idrologica risulta superiore a quella massima transitabile in alveo. È stata così eseguita la sottrazione dei volumi superiori alla portata di 15.8 mc/s ottenendo il seguente idrogramma idraulico assegnato alla sezione a valle del rilevato autostradale della A1.

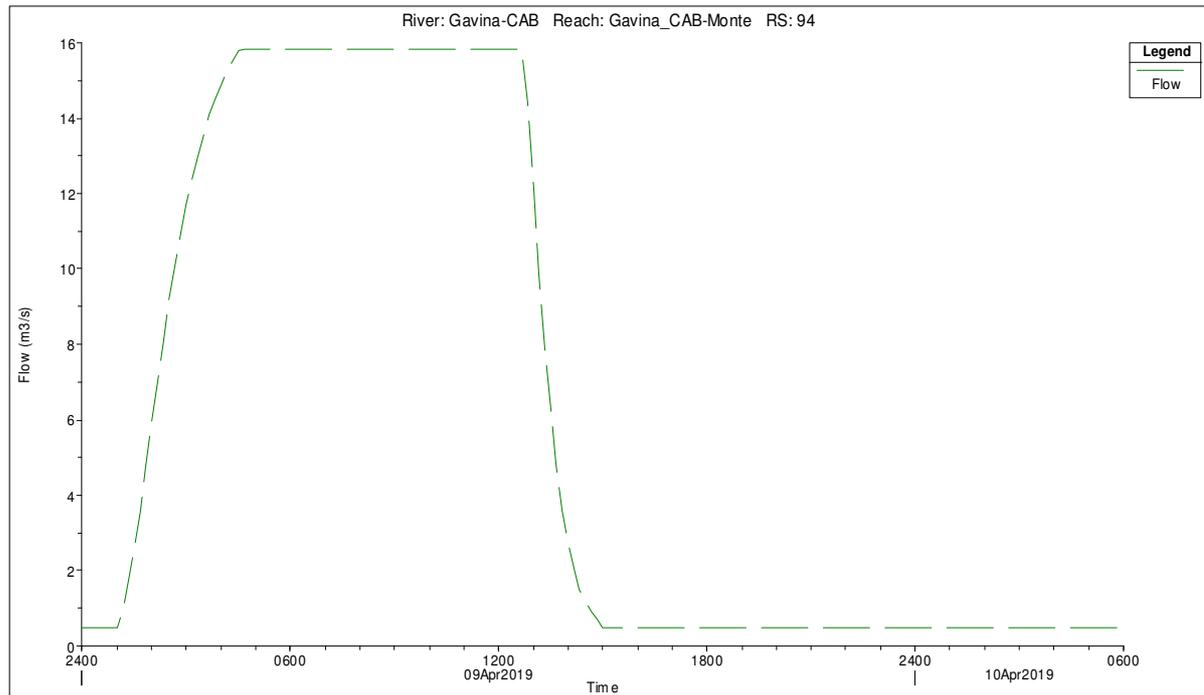


FIGURA 11. IDROGRAMMA DI PIENA TR30 D = 12 H TARATO ALLA QMAX TRANSITABILE IN ALVEO DEL COLLETTORE PRINCIPALE DELLE ACQUE BASSE A VALLE DEL RILEVATO AUTOSTRADALE DELLA A1

- idrogrammi di piena idrologici del Torrente Marinella e del Fosso Montisi applicati alle sezioni di monte, come da studio redatto dagli scriventi per la Variante al Piano Strutturale di Prato, per scenari con tempi di ritorno 30 e 200 anni e durate di 1, 3, 6, 12, 18, 24 e 36 ore; si precisa che gli idrogrammi relativi alle durate lunghe dell'evento sono stati calcolati appositamente per la redazione del presente studio utilizzando la stessa metodologia approvata per lo studio del territorio di Prato.

8 ANALISI IDRAULICA

La modellazione idraulica è stata effettuata con il software HEC-RAS 5.0.5 che unisce alla classica modellazione mono-dimensionale dei corsi d'acqua la modellazione bi-dimensionale delle esondazioni a campagna.

Al fine di effettuare una simulazione di tipo bidimensionale, occorre implementare il modello monodimensionale di partenza con elementi geometrici di tipo bidimensionale tramite una serie di passaggi:

- creazione di un modello del terreno rappresentativo della superficie terrestre nell'area esaminata;
- creazione di uno strato informativo relativo all'uso del suolo e ai relativi coefficienti di scabrezza nell'area esaminata;
- aggiunta alla geometria monodimensionale del modello di una serie di aree allagabili di tipo bidimensionale (2D Flow Areas);
- creazione di una griglia di calcolo all'interno delle suddette aree allagabili;

- connessione delle varie 2D Flow Areas tra loro;
- attribuzione di opportune condizioni al contorno per la corretta riuscita delle simulazioni.

Con il software HEC-RAS 5.0.5 è possibile modellare le aree di potenziale esondazione sulla base del DTM LIDAR, suddividendo il territorio in celle di forma poligonale con un numero massimo di lati pari a otto. A differenza di altri software bi-dimensionali, la singola cella creata in HEC-RAS non presenta una superficie planare caratterizzata da un'unica quota di fondo costante, ottenuta mediando le quote all'interno del suo perimetro, ma presenta la stessa superficie del DTM di base, che nel caso in esame ha una maglia di punti di 1 m x 1 m. I calcoli idraulici del passaggio dell'acqua da una cella a quella adiacente sono effettuati sulla base della geometria delle sezioni relative alle facce delle celle e delle curve d'invaso proprie delle singole celle.

Poiché la campitura finale delle aree allagate viene eseguita sulla base dei volumi d'invaso e di un unico valore del livello idrometrico per ogni cella, si può verificare che nella restituzione finale le celle caratterizzate da una pendenza significativa, che vengono interessate per la totalità della superficie dal transito dell'acqua, possono presentare la campitura della sola porzione più depressa. Per quanto sopra, ne consegue che su alcune aree di transito la restituzione grafica dei battenti può presentare discontinuità della campitura; di tale aspetto ne dovrà essere tenuto di conto nella redazione delle carte di pericolosità idraulica.

Sulla base degli incontri effettuati durante la realizzazione del presente studio idrologico e idraulico con i tecnici dell'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale e del Genio Civile, è stato deciso di lasciare inalterati i livelli idrometrici delle aree allagate dalle esondazioni del Fiume Arno, sia in destra che sinistra idraulica del Fiume Bisenzio. Di seguito si riporta un estratto cartografico con riportati i poligoni delle celle utilizzate nel presente studio e definite nel modello idraulico realizzato a supporto della stesura del P.G.R.A. con indicati i livelli idrometrici. Si precisa che le aree di potenziale esondazione sono state unite nel caso di livello idrometrico uguale e ritagliate sul confine comunale. All'interno di tali aree si è provveduto a calcolare i battenti idraulici sulla base dei livelli idrometrici risultanti dal P.G.R.A. e del DTM Lidar eseguendo, in ambiente GIS, la differenza matematica tra raster. La modellazione idraulica utilizzata per la redazione del P.G.R.A., essendo stata realizzata con le *Storage areas*, non restituisce la distribuzione delle velocità dei transiti a campagna, ne consegue che nelle aree dove i battenti derivano da tale studio la magnitudo idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 sarà severa con 31 cm e molto severa con 51 cm.

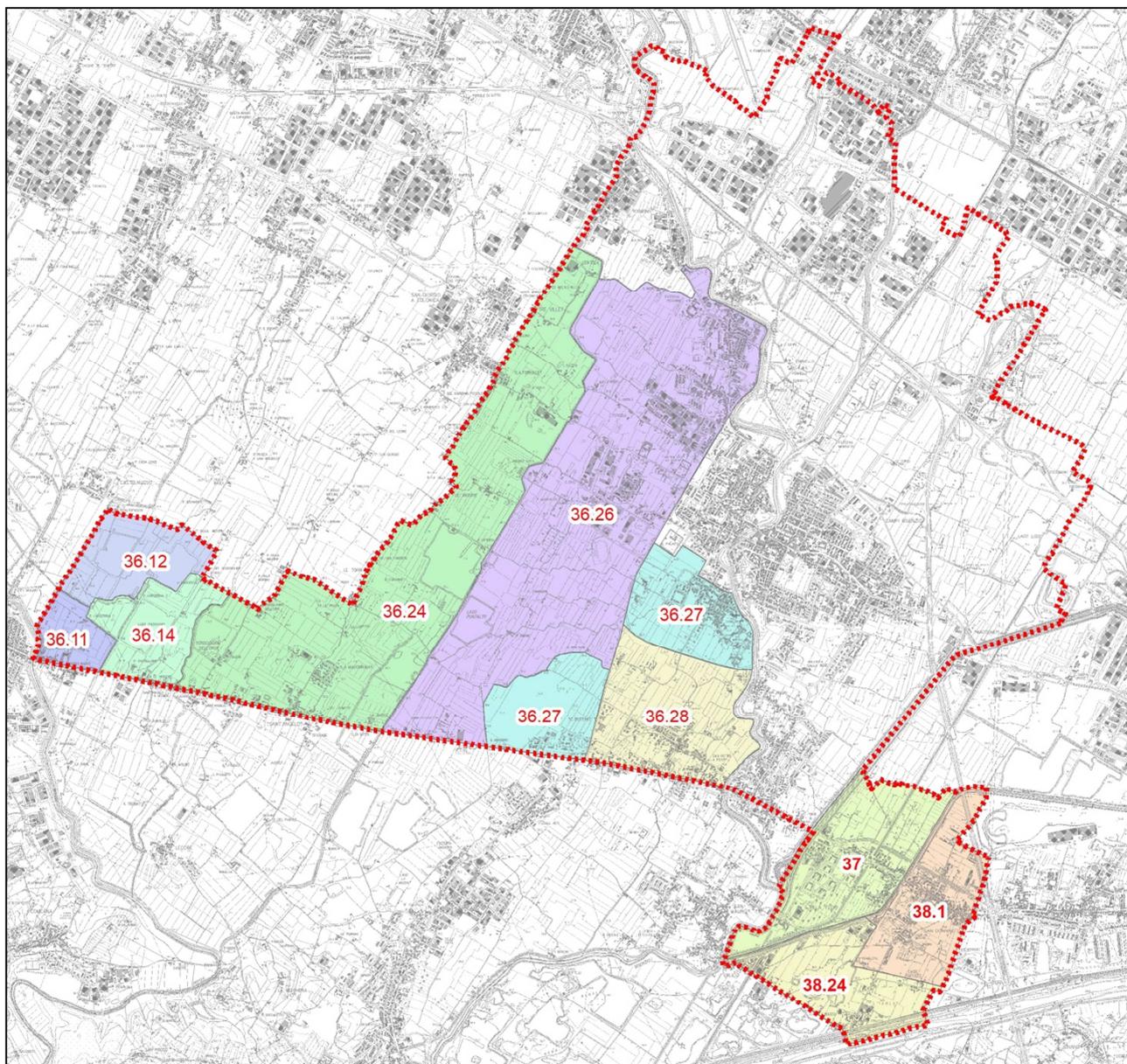


FIGURA 12. LIVELLI IDROMETRICI RICAVATI DAL P.G.R.A. DELLE CELLE ALLAGATE DAL FIUME ARNO ALL'INTERNO DEL COMUNE DI CAMPI BISENZIO

Nel presente studio sono state realizzate in HEC-RAS 5 geometrie del modello idraulico:

- **Geo1 – Acque alte:** sono stati modellati i corsi d'acqua del reticolo acque alte (Gora del Ciliegio, Torrente Marinella, Fosso Montisi, Torrente Marina, Torrente Garille), le esondazioni del Fiume Bisenzio schematizzandole con *Boundary Condition Lines* a cui sono stati assegnati gli idrogrammi di esondazione ripresi dal modello realizzato per la redazione del P.G.R.A., i transiti a campagna che attraversano i sottopassi ferroviari di Via di la Prata e Via del Pescinale, anch'essi schematizzati con *Boundary Condition Lines*, a cui sono stati assegnati gli idrogrammi risultanti dalla modellazione idraulica redatta per lo studio intercomunale di Calenzano e Sesto Fiorentino; sono state eseguite simulazioni per tempi di ritorno 30 e 200 anni; il territorio analizzato ha come limiti a sud la Via Pistoiese, in destra del Bisenzio, e l'argine destro del Fosso Reale in sinistra del Bisenzio; le condizioni al

contorno di valle assegnate sono i livelli del Bisenzio estratti dai risultati del modello realizzato per la redazione del P.G.R.A.

- **Geo2 – Acque basse destra Bisenzio:** sono stati modellati i corsi d'acqua del reticolo acque basse (Fosso Vingone, Fosso Chiella, Fosso Dogaia e Fosso di Piano con gli impianti idrovori di Castelletti e Fosso di Piano); sono state eseguite simulazioni per tempi di ritorno 30 e 200 anni; il territorio analizzato ha come limiti l'arginatura sinistra dell'Ombrone e la destra del Bisenzio; le condizioni al contorno di valle assegnate sono i livelli di Ombrone e Bisenzio estratti dai risultati del modello realizzato per la redazione del P.G.R.A.
- **Geo3 – Acque basse sinistra Bisenzio per TR30 anni:** sono stati modellati tutti i corsi d'acqua del reticolo acque basse compresi tra la sinistra del Bisenzio e la destra dell'Arno compresi gli impianti idrovori di Crucignano e Viaccia; sono state eseguite simulazioni per il tempo di ritorno 30 anni; il territorio analizzato ha come limiti l'arginatura sinistra del Bisenzio a ovest, la destra dell'Arno a sud, il rilevato di Via Viaccia a sud-ovest, l'autostrada A1 e l'argine destro del Fosso Reale a sud-est; le condizioni al contorno di valle assegnate sono i livelli del Bisenzio estratti dai risultati del modello redatto per il P.G.R.A. Non sono state inserite nella modellazione le tracimazioni dall'area dei Renai.
- **Geo4 – Acque basse sinistra Bisenzio per TR200 anni:** sono stati modellati tutti i corsi d'acqua del reticolo acque basse compresi tra la sinistra del Bisenzio e la destra del Fosso Reale e l'impianto idrovoro di Crucignano; sono state eseguite simulazioni per tempo di ritorno 200 anni; le condizioni al contorno di valle assegnate sono, per l'impianto di Crucignano, i livelli del Bisenzio estratti dai risultati del modello redatto per il P.G.R.A. e, per il Collettore Destro, la chiusura della portella a ghigliottina presente a valle del sifone sul Reale. A tale sezione sono stati assegnati i livelli della cella VM-013 del P.G.R.A con un valore minimo di 35 m s.l.m. e la chiusura della portella avviene all'istante in cui, da modello P.G.R.A., si ha il sormonto arginale del Canale Macinante da parte delle acque tracimate dall'Arno. Non sono state inserite nella modellazione le tracimazioni dal reticolo delle acque alte valutate con "Geo1".
- **Geo5 – Gore destra Bisenzio:** sono stati recepiti gli esiti dello studio idraulico allegato alla Variante al Piano Strutturale del Comune di Prato già approvato. Sono state modellate le gore con modello esclusivamente 2D, modificando il DTM LIDAR con l'eliminazione, degli attraversamenti, laddove presenti, per garantire la continuità dell'alveo, e l'aggiornamento della base morfologica per i tratti soggetti a interventi posteriori ai voli, come ad esempio la Gora Mazzoni. Nel dettaglio sono state dettagliate le celle con l'inserimento di *Break Lines* negli alvei e cigli di sponda, assegnati valori di scabrezza differenziati tra alveo e campagna, e definite delle *Boundary Condition Lines* in corrispondenza dell'inizio dei tratti a cello aperto delle gore a cui sono stati assegnati gli idrogrammi di piena. Condizione al contorno l'impossibilità di scarico per tutte le durate.

Di seguito si riportano gli estratti delle geometrie utilizzate per schematizzare il reticolo oggetto di studio e le aree di potenziale esondazione restituite sulla base DTM LIDAR.

Geo1 – Acque alte

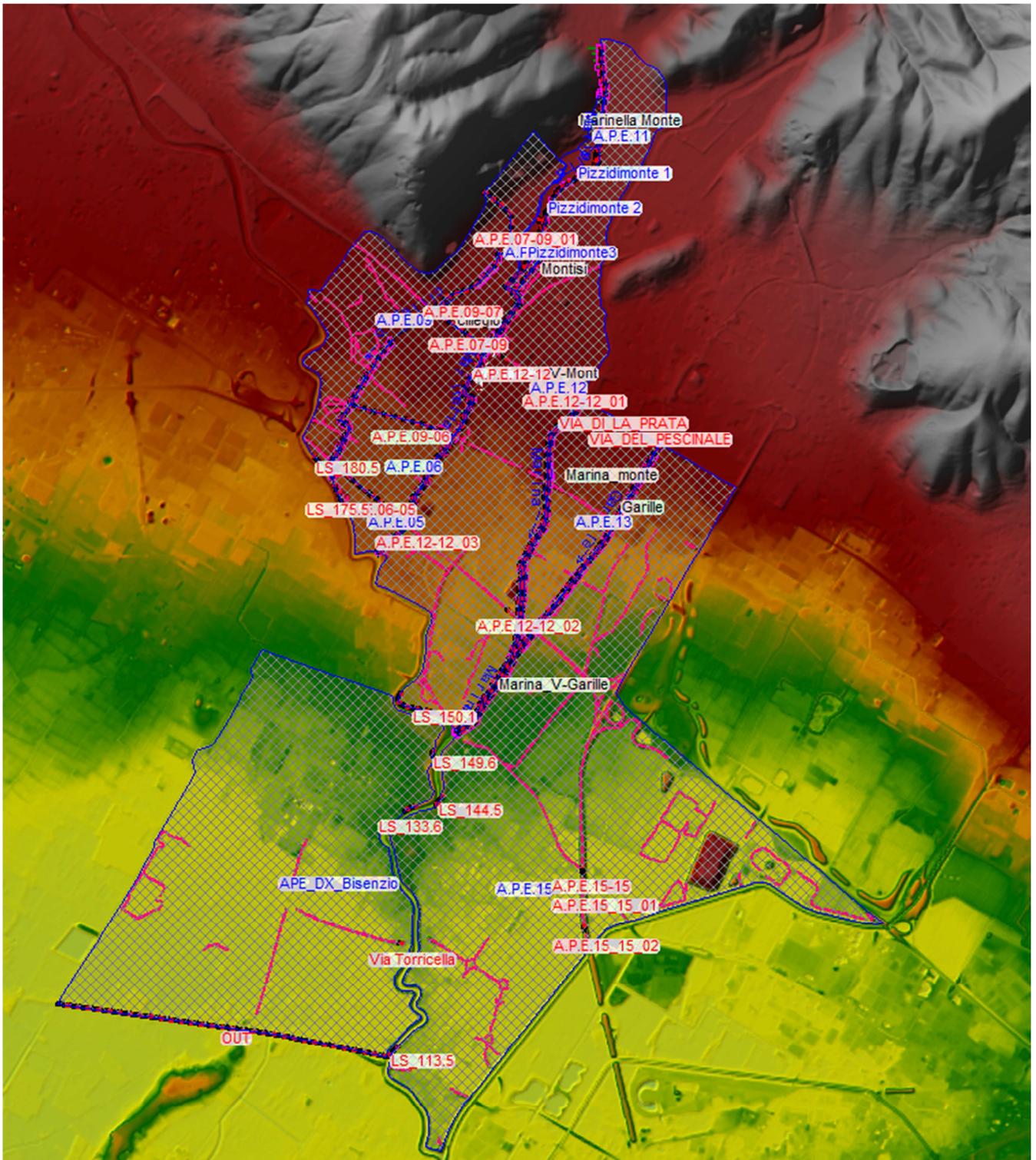


FIGURA 13. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SU BASE DTM LIDAR – GEO1

Geo2 – Acque basse destra Bisenzio



FIGURA 14. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SU BASE DTM LIDAR – GEO2

Geo3 – Acque basse sinistra Bisenzio per TR30 anni

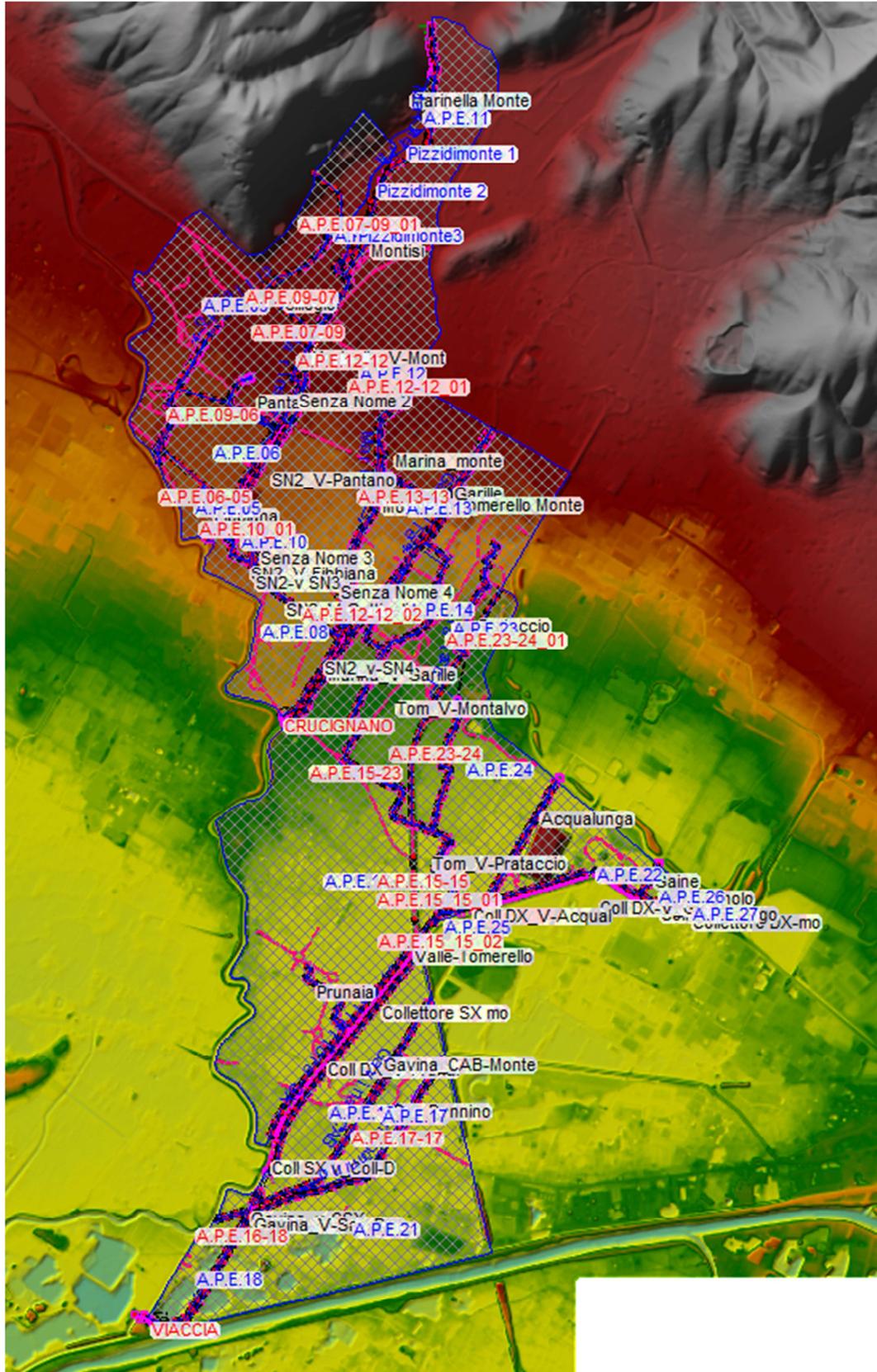


FIGURA 15. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SU BASE DTM LIDAR – GEO3

Geo4 – Acque basse sinistra Bisenzio per TR200 anni

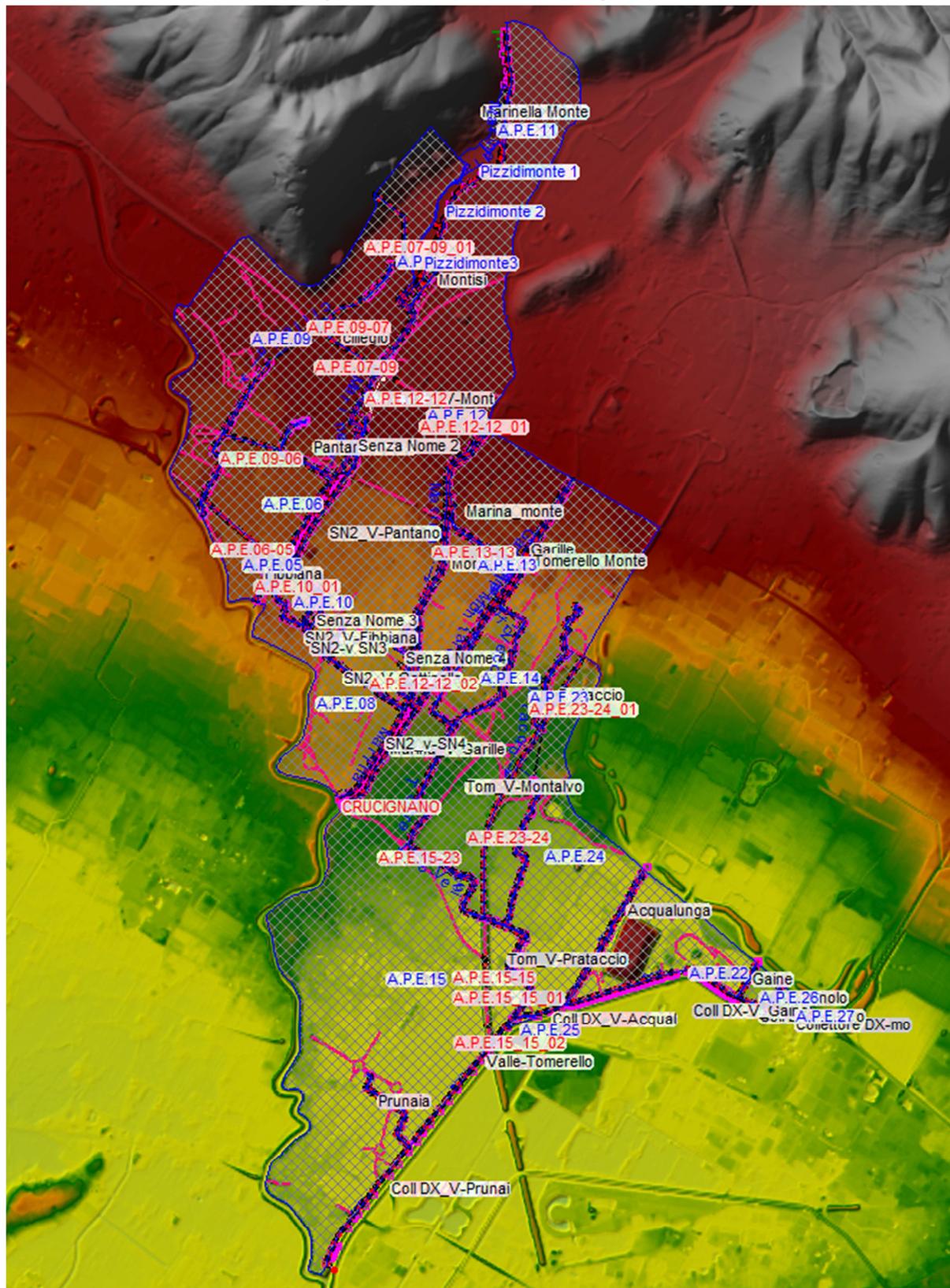


FIGURA 16. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SU BASE DTM LIDAR – GEO4

Geo5 – Gore destra Bisenzio

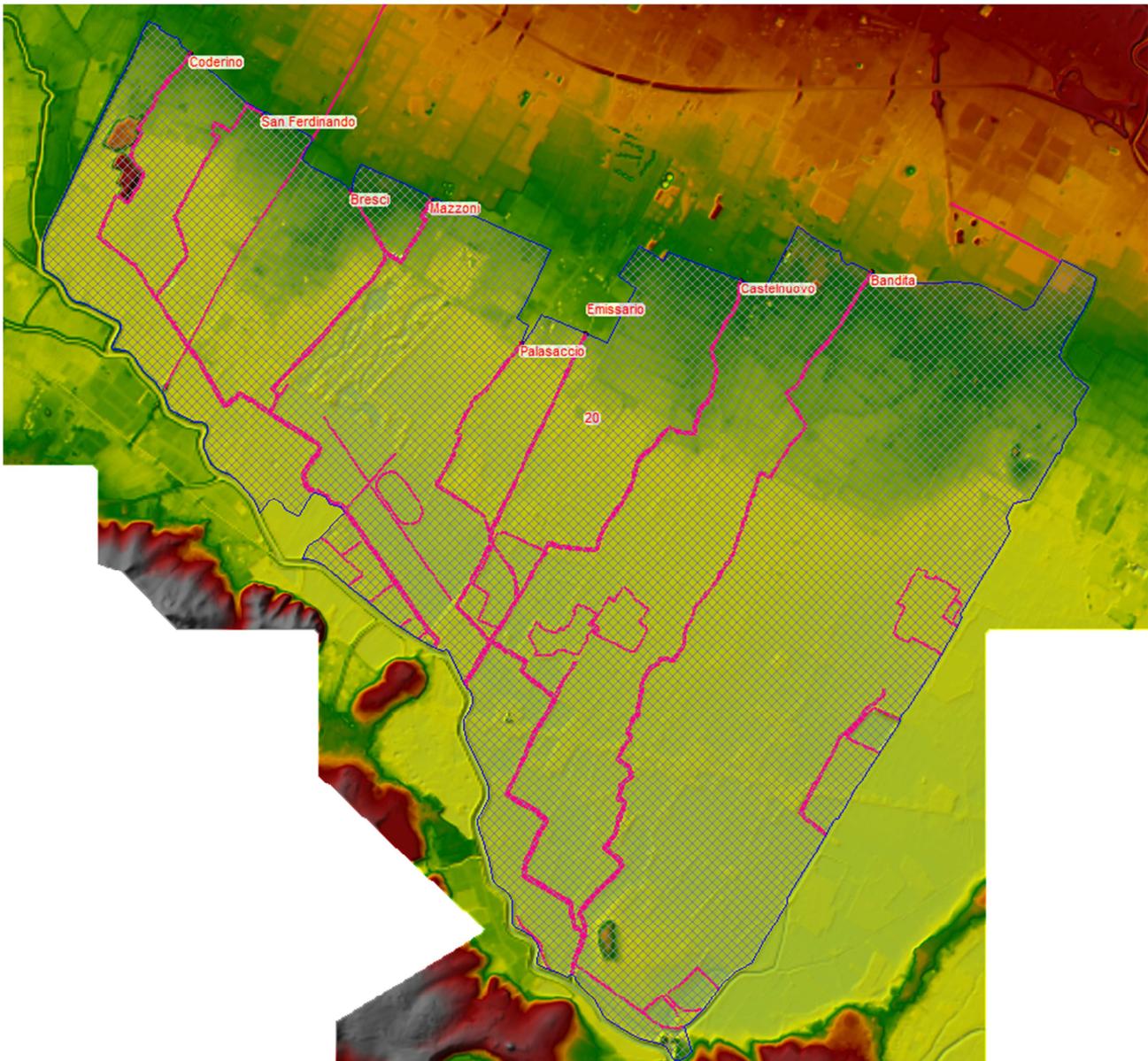


FIGURA 17. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SU BASE DTM LIDAR – GEO5

I corsi d'acqua analizzati sono stati modellati posizionando gli sfioratori laterali sul ciglio di sponda o sulla sommità arginale, collegando poi tali elementi alle celle dell'area di potenziale esondazione adiacente alla sponda del corso d'acqua stesso. Le aree di potenziale esondazione sono state suddivise in maglie di celle aventi ampiezza pari a 10 m: la maggior parte di tali celle hanno forma quadrata, a esclusione di quelle di bordo o di quelle poste in corrispondenza di strade o rilevati in genere, che hanno forma poligonale con numero di lati inferiore a otto.

8.1 DATI D'INPUT DEL MODELLO IDRAULICO DI CALCOLO

I valori dei coefficienti di scabrezza (n di Manning) assegnati alle sezioni idrauliche dei corsi d'acqua sono di seguito riportati:

- 0.035 m^{-1/3} s per l'alveo;

- $0.040 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le fasce oltre al ciglio di sponda;
- $0.02 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per i tratti di corsi d'acqua dove sono presenti rivestimenti in cls o per le tubazioni.

I valori dei coefficienti di scabrezza (n di Manning) assegnati alle aree a campagna modellate con celle bi-dimensionali sono di seguito riportati:

- $0.032 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per gli alvei delle gore che sono state modellate totalmente in bi-dimensionale;
- $0.08 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le aree agricole o a verde in generale;
- $0.15 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per le aree urbanizzate.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di monte e gli ingressi laterali relativi ai sottobacini individuati, sono stati assegnati gli idrogrammi riportati nell'Allegato 01, ottenuti come descritto al paragrafo "Analisi Idrologica".

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di valle assegnate nei modelli idraulici con le geometrie "Geo1, 2 e 3" sono stati utilizzati i livelli di Ombrone e Bisenzio estratti dai risultati del modello realizzato per la redazione del P.G.R.A., quelle relative al modello con geometria "Geo4", sono i livelli del Bisenzio per l'impianto idrovoro di Crucignano, e la chiusura della portella a ghigliottina presente a valle del sifone sul Reale, per il Collettore Destro. A tale sezione sono stati assegnati i livelli della cella VM-013 del P.G.R.A con un valore minimo di 35 m s.l.m. e la chiusura della portella avviene all'istante in cui, da modello P.G.R.A., si ha il sormonto arginale del Canale Macinante da parte delle acque tracimate dall'Arno.

8.2 SCHEMATIZZAZIONE IMPIANTI IDROVORI

Gli impianti idrovori presenti all'interno del territorio oggetto di analisi sono quattro, di seguito si riporta per ognuno di essi una breve descrizione e lo schema di funzionamento. I dati tecnici e i protocolli di funzionamento degli impianti sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica Medio Valdarno che è il gestore degli impianti.

- Castelletti: l'impianto è a servizio del reticolo delle acque basse che confluiscono nel Torrente Ombrone con la Gora Bandita e il Fosso Vingone; è posto alla confluenza tra Vingone e Ombrone ed è composto da 4 pompe in grado di sollevare una portata massima di 9 mc/s;

IMPIANTO IDROVORO "CASTELLETTI"

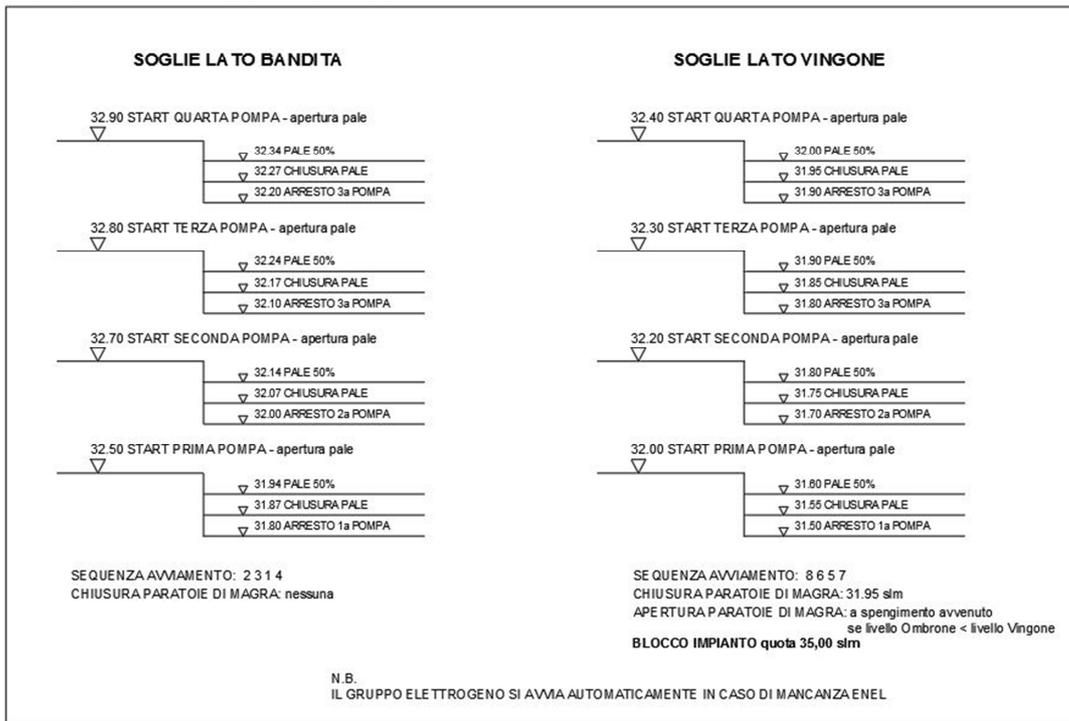


FIGURA 18. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO IDROVORO "CASTELLETTI"

- Fosso di Piano: l'impianto è a servizio del Fosso di Piano ed è posto alla confluenza con il Fiume Bisenzio; è composto da 4 pompe in grado di sollevare una portata massima di 7 mc/s;

IMPIANTO IDROVORO "FOSSO DI PIANO"
Schema funzionamento automatico

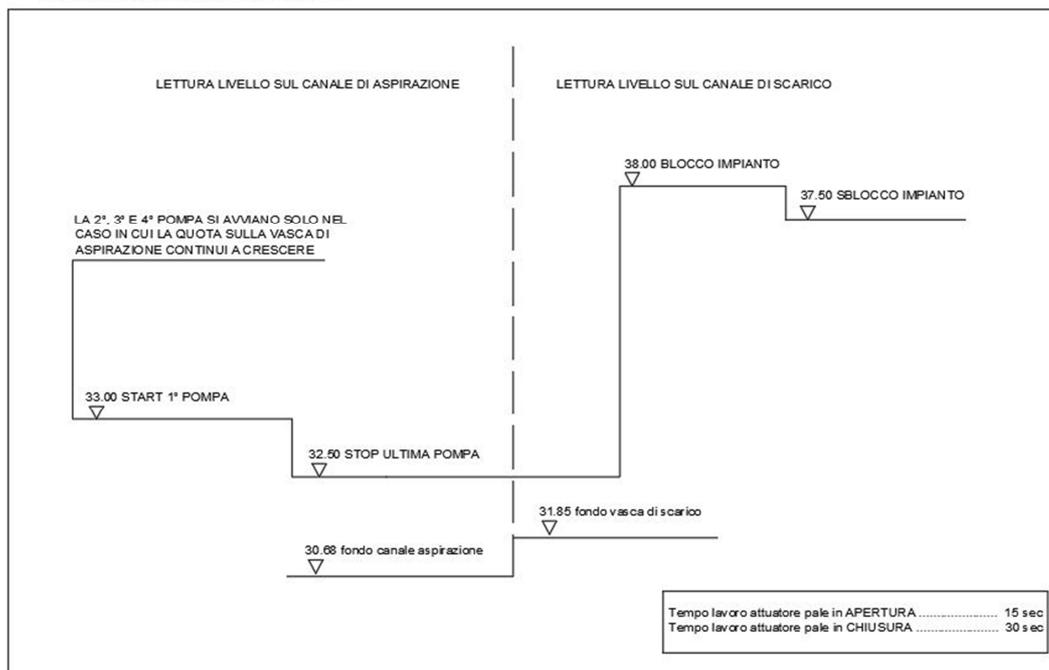


FIGURA 19. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO IDROVORO "FOSSO DI PIANO"

- Crucignano: l'impianto è a servizio del reticolo delle acque basse che drenano l'area compresa tra la sinistra della Gora del Ciliegio e la destra del Torrente Marina, che termina nel Fiume Bisenzio con il Fosso Senza Nome 2; è composto da 3 pompe in grado di sollevare una portata massima di 7.95 mc/s;

IMPIANTO IDROVORO "CRUCIGNANO"
Schema funzionamento automatico

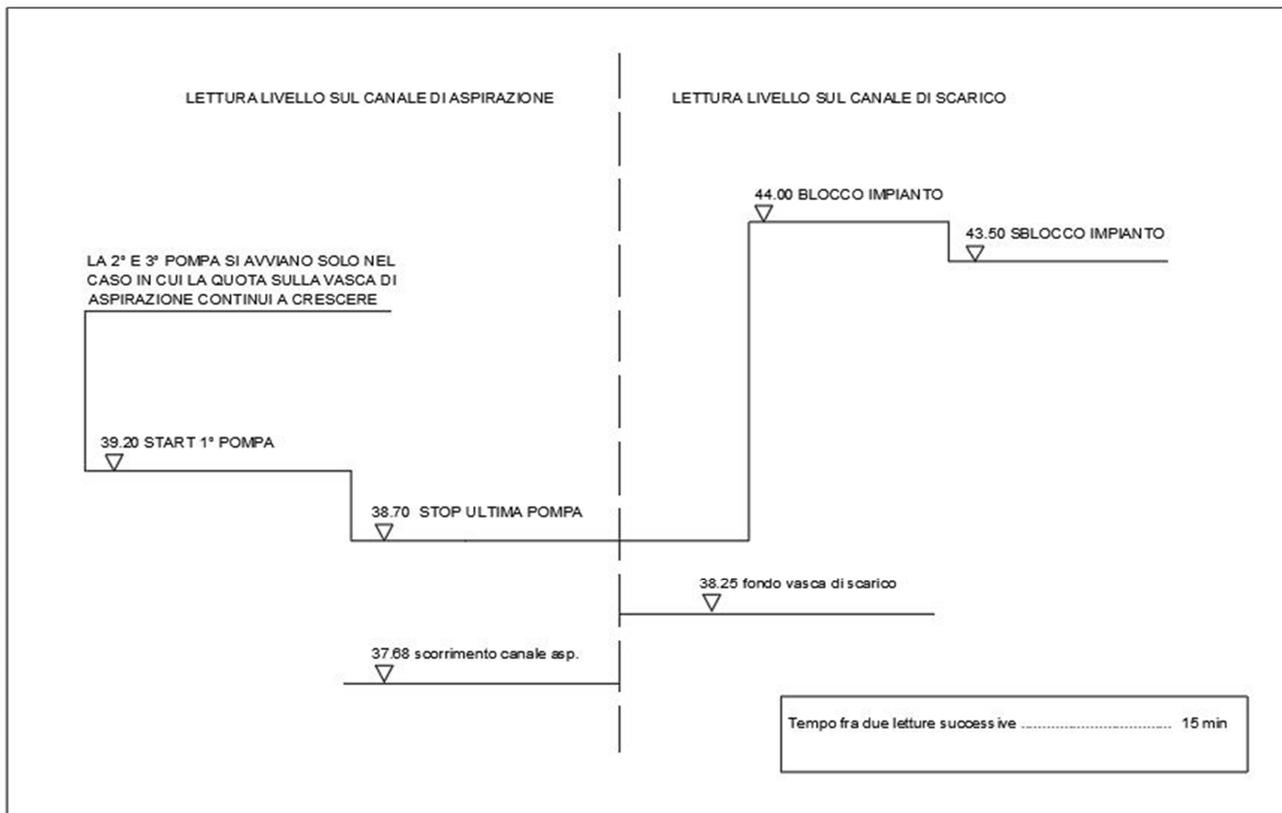


FIGURA 20. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO IDROVORO "CRUCIGNANO"

- Viaccia: l'impianto è a servizio del Collettore Principale delle Acque Basse che riceve le acque delle aree poste tra la sinistra del Torrente Marina e la destra del Fosso del Reale, per mezzo del Colatore o Collettore destro delle Acque Basse, e quelle delle aree poste tra la sinistra del Fosso Reale e la destra del Fiume Arno, per mezzo del Collettore stesso, del Fossetto San Donnino e del Canale Goricina; è posto in corrispondenza dell'ingresso del Collettore Principale delle Acque Basse all'interno dell'area dei Renai ed è composto da 4 pompe in grado di sollevare una portata massima di 30 mc/s.

IMPIANTO IDROVORO "VIACCIA"

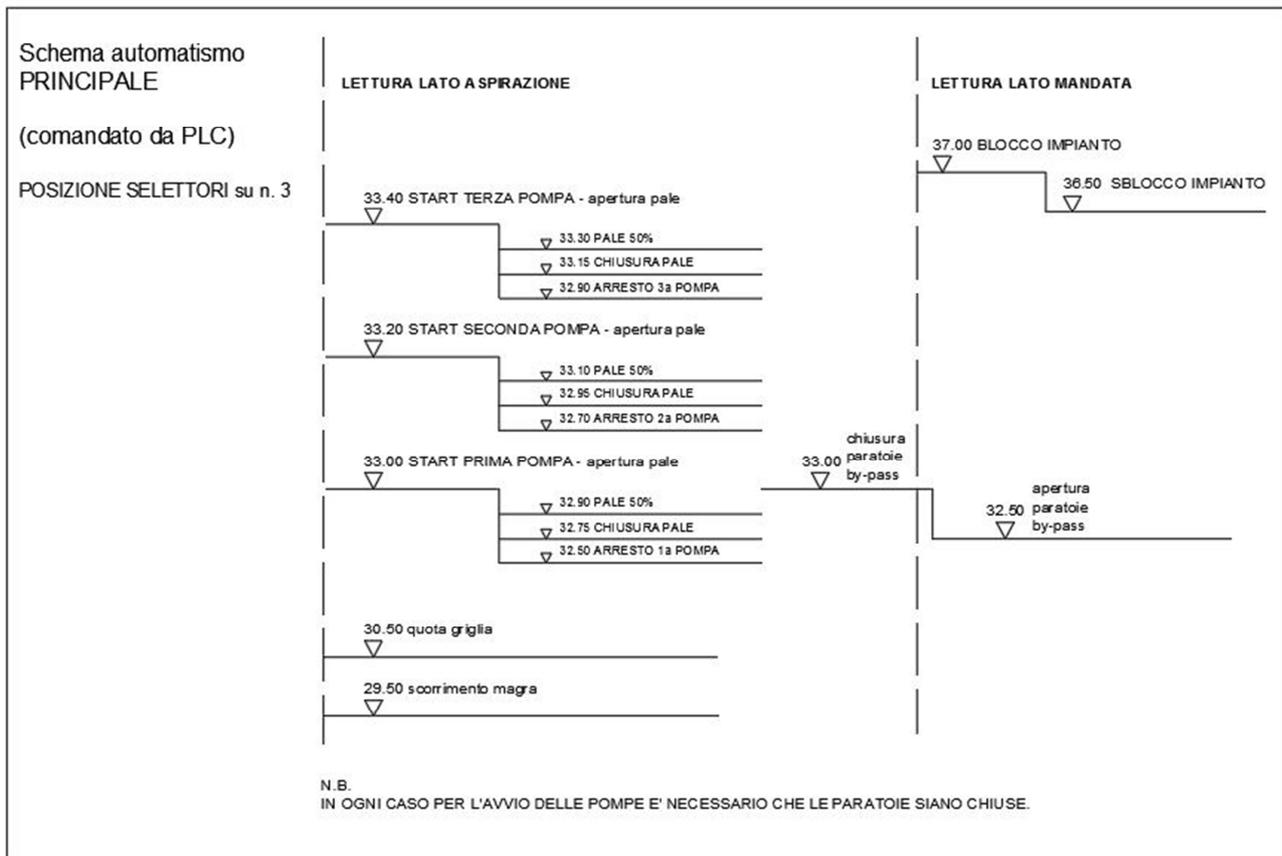


FIGURA 21. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO IDROVORO "VIACCIA"

Gli impianti di cui sopra sono stati schematizzati con elementi "Pump" definiti con numero pompe, portate massime sollevabili, livelli idrometrici di attacco e stacco riportati negli schemi di funzionamento forniti dal Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno.

8.3 RISULTATI

8.3.1 Reticolo acque alte

Sostanzialmente le mappature di pericolosità rispecchiano quelle di PGRA per quanto riguarda le esondazioni del reticolo principale, l'unica differenza è rappresentata dalla modellazione bidimensionale delle esondazioni che porta a mappature diverse del territorio. Si evidenziano diffuse carenze di capacità di deflusso su tutti i corsi d'acqua afferenti al reticolo principale in particolare la Marinella ed il reticolo afferente dal Comune di Prato che causa battenti di transito che interessano le aree limitrofe l'Interporto. Nello specifico i ruscellamenti delle esondazioni a monte della ferrovia in sinistra idraulica vanno ad interessare i sottopassi della ferrovia stessa e successivamente le aree industriali e commerciali poste a valle, seppur con battenti poco in generale poco rilevanti. Migliorano le condizioni di allagamento delle aree adiacenti la Marina ed il Garille a seguito delle sistemazioni arginali e delle opere idrauliche esistenti.

8.3.2 Reticolo acque basse

In generale il reticolo risulta completamente sottodimensionato sia in relazione alle portate di picco che per lo stoccaggio volumetrico in caso di impossibilità di scarico per intermittenza di scolo. Nello specifico la valutazione risulta meno gravosa in destra idraulica Bisenzio nel reticolo afferente Castelletti per quanto riguarda il Fosso Vingone, tuttavia già in corrispondenza dell'ingresso del Fosso Chiella le esondazioni cominciano ad essere importanti e si sommano a quelle di quest'ultimo che risulta uno dei collettori di scarico principali dell'abitato di Campi Bisenzio. L'area immediatamente a sud dell'Interporto risulta interessata in maniera importante dagli allagamenti causati dai diffusi tratti tombati insufficienti e dalle intermittenze di scolo legate al funzionamento o meno dell'impianto idrovoro. Le suddette problematiche riguardano, anche se più marginalmente, la porzione di territorio compresa tra Marinella e Marina. Le esondazioni presenti in sinistra idraulica del Garille risultano marginali e vanno ad interessare aree non urbanizzate. Decisamente insufficiente il reticolo afferente il colatore destro del Fosso Reale il quale drena una vasta porzione di territorio e risulta dotato di opere di sifonamento di quest'ultimo non in grado di smaltire quanto richiesto in condizioni di deflusso limitato per le intermittenze di scolo legate all'impianto di sollevamento. Purtroppo i livelli elevati del reticolo principale causano importanti transitori di interruzione del pompaggio e non sono disponibili aree dedicate al completo accumulo del defluito. Questo porta a importanti esondazioni e ristagni in adiacenza alla destra idraulica del Reale. Esondazioni diffuse anche in corrispondenza di Focognano. Si riscontrano allagamenti anche nelle aree verdi a monte della Via Pistoiese che non vanno ad interessare le aree urbanizzate, tuttavia soggette ad allagamenti per il reticolo principale.

La complessità del reticolo studiato e del numero di scenari valutati non consente di entrare nel merito delle singole insufficienze di deflusso che risultano variabili in ragione degli scenari analizzati e delle condizioni al contorno utilizzate. Nello specifico un idoneo dimensionamento a livello di portate di picco potrebbe non soddisfare la necessità di invaso in caso di intermittenze di scolo e pertanto ogni tipo di valutazione sull'idoneità o meno di eventuali interventi di progetto dovrà essere valutata sottoponendola a vari scenari di progetto.

9 OPERE IDRAULICHE PREVISTE NEL PS VIGENTE RELATIVE AL SISTEMA FUNZIONALE AMBIENTALE IN RELAZIONE AGLI INTERVENTI DI RIORDINO E RIQUALIFICAZIONE DEI MARGINI URBANI CHE FRONTEGGIANO IL TRATTO EST DELLA CIRCONVALLAZIONE ESISTENTE E DI PROGETTO.

Il presente paragrafo è volto alla valutazione della funzionalità idraulica delle opere idrauliche di laminazione previste nel Sistema funzionale ambientale dal vigente Piano Strutturale, evidenziate dalla sottocategoria C1 nell'estratto della tavola 13.7 b del piano stesso, le quali porteranno beneficio alle porzioni di territorio che fronteggiano il prolungamento est della circonvallazione.

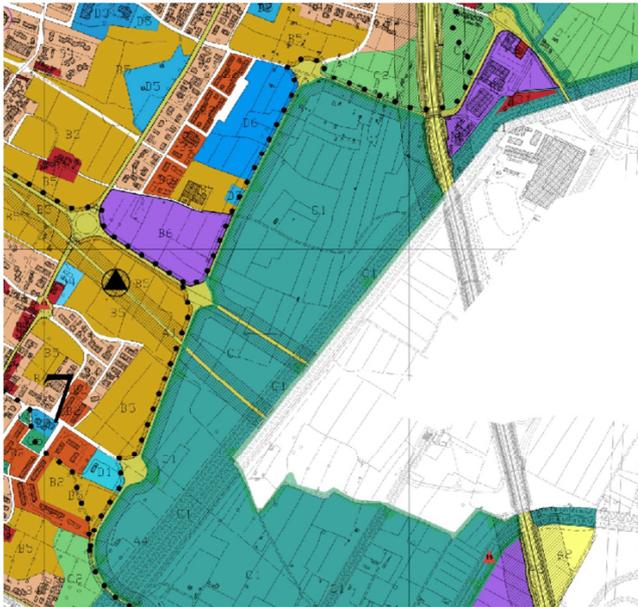


FIGURA 22. ESTRATTO DELLA TAVOLA 13.7B DEL VIGENTE PIANO STRUTTURALE

Anche il vigente Regolamento Urbanistico, di cui si allega un estratto di seguito, classificava l'area come "CASSA DI ESPANSIONE".

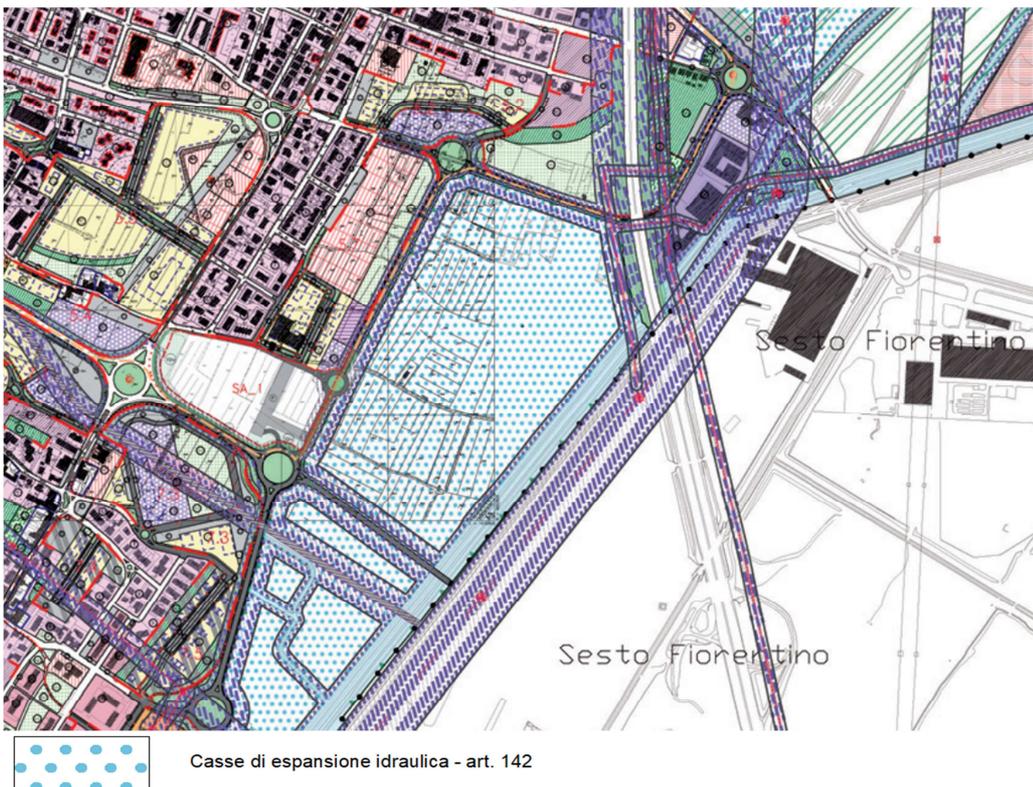


FIGURA 23. ESTRATTO DEL VIGENTE REGOLAMENTO URBANISTICO

La cassa di espansione sarà a servizio del reticolo delle acque basse e avrà la funzione di mitigare il rischio indotto dalle intermittenze di scarico nel reticolo delle acque alte. Di seguito sono

rappresentati gli scenari di allagamento attuali in relazione ai fenomeni esondativi prima legati al reticolo delle basse e poi delle alte.

Nel primo caso si può notare come le esondazioni abbiano inizio dall'arginatura destra del fosso Colatore destro e vadano ad espandersi in tutte le aree adiacenti lambendo il centro abitato . Nel secondo caso le acque arrivano da sud a seguito di esondazioni in sponda sinistra del Bisenzio andando ad interessare un areale del tutto simile a quello precedente. Gli allagamenti risultano "frequenti", ai sensi della Legge Regionale 41/2018, per quanto riguarda le acque basse e "poco frequenti" per quanto riguarda le acque alte.

ACQUE BASSE

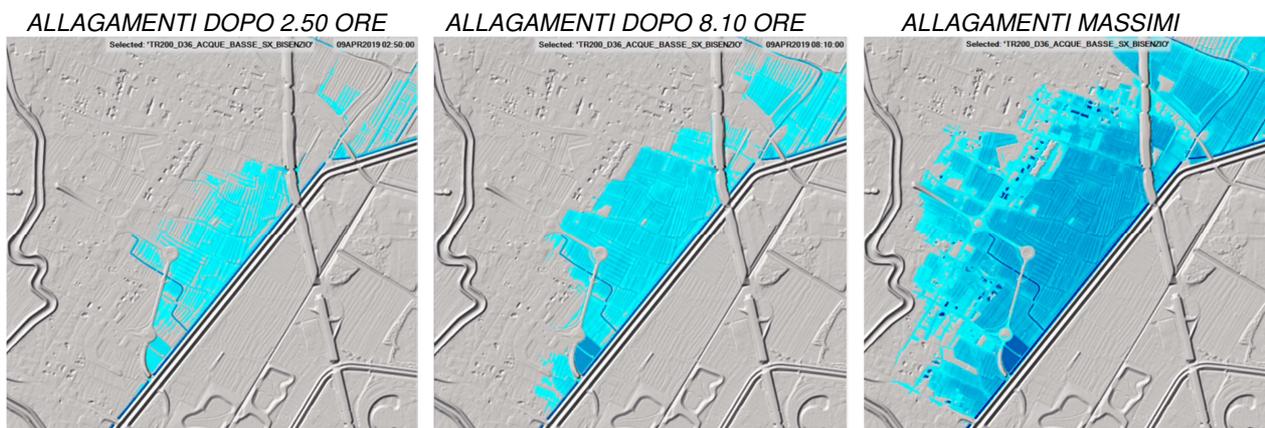


FIGURA 24. SUCCESSIONE DEL FENOMENO ESONDATIVO DOVUTO AL RETICOLO DELLE ACQUE BASSE

ACQUE ALTE

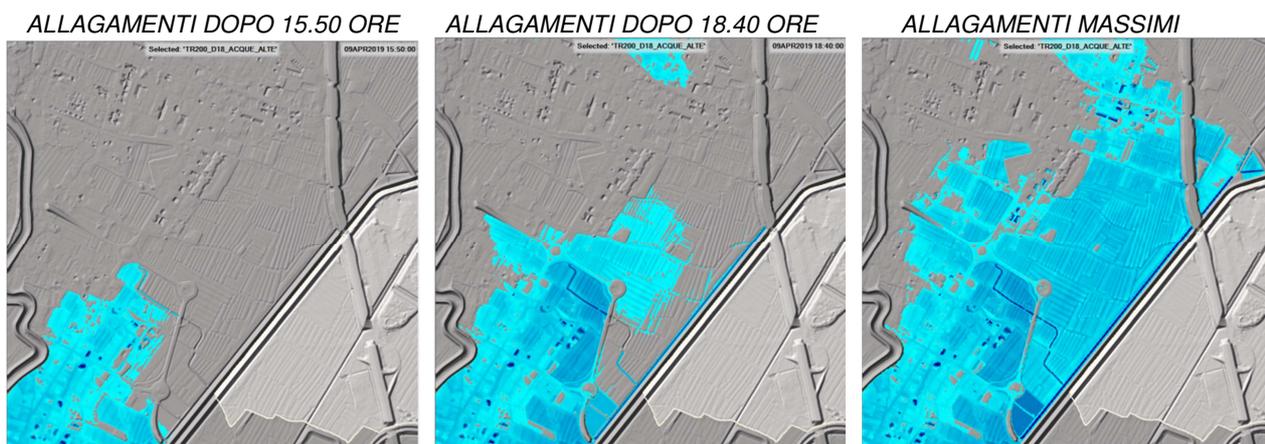


FIGURA 25. SUCCESSIONE DEL FENOMENO ESONDATIVO DOVUTO AL RETICOLO DELLE ACQUE ALTE

Nello specifico l'area destinata a vasca di laminazione ha una superficie di circa 400.000mq ed è caratterizzata da una quota media del terreno pari a circa 34.5m slm..

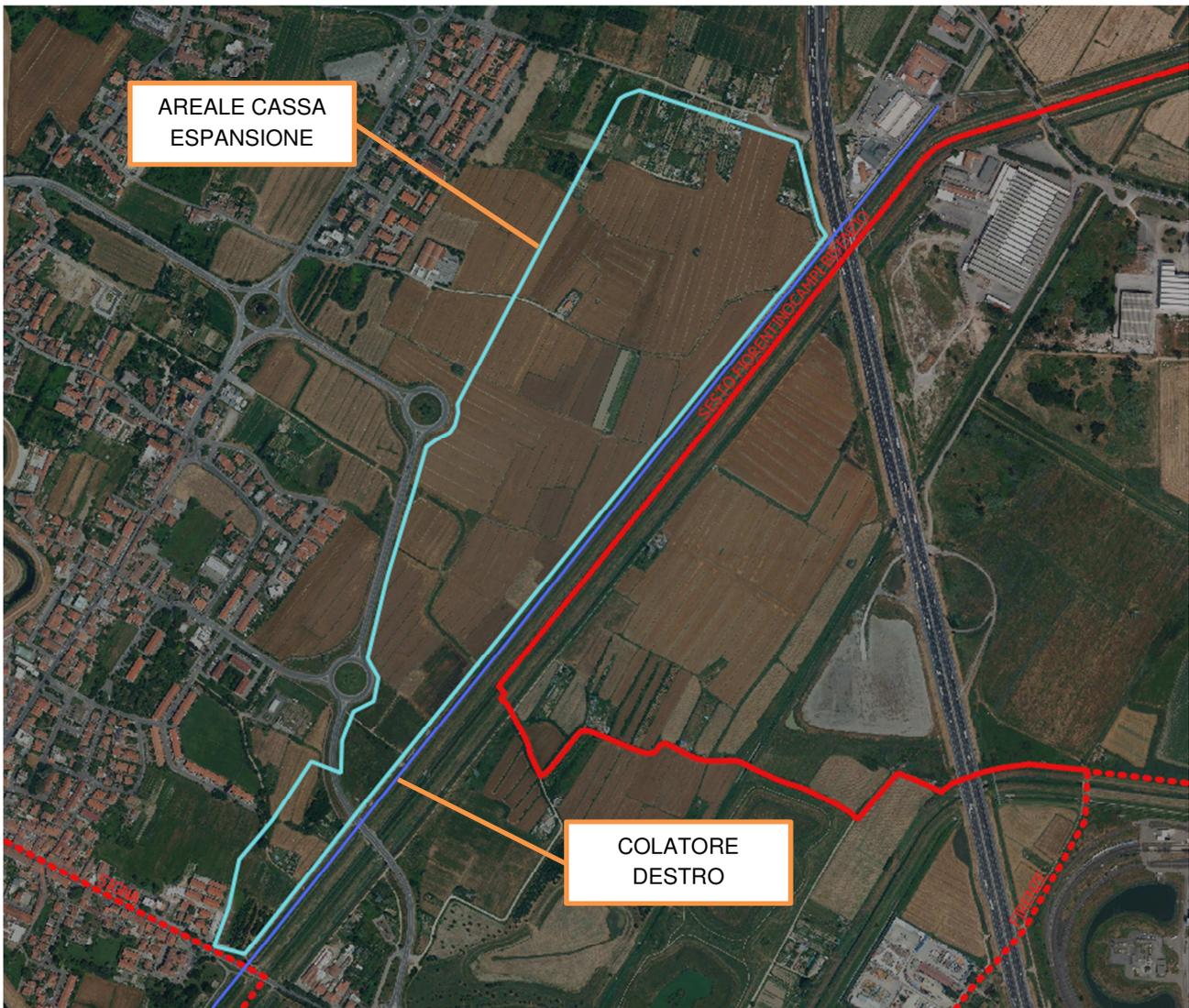


FIGURA 26. INQUADRAMENTO CASSA DI ESPANSIONE

Lo scenario di allagamento di dimensionamento risulta quello relativo alle acque basse con durata 36 ore caratterizzato da una prolungata intermittenza di scarico nel reticolo principale e che causa fenomeni di ristagno estremamente consistenti in tutta l'area limitrofa alla circonvallazione est. Nello specifico si allega l'idrogramma di esondazione dello sfioratore destro del colatore destro in corrispondenza dell'opera, e la relativa tabella dati, nel quale si nota la prolungata esondazione che fornisce un contributo aggregato volumetrico pari a 535.000mc.

	Time Series	Maximum	Time at Max	Volume(1000 m3)
2	HW DS Stage	35,68	11apr2019 0000	
3	TW Stage	35,68	11apr2019 0000	
4	Flow Leaving	28,95	09apr2019 0000	535,81

FIGURA 27. TABELLA RIASSUNTIVA DEI VOLUMI ESONDATI DALLO SFIORATORE COLATORE DESTRO

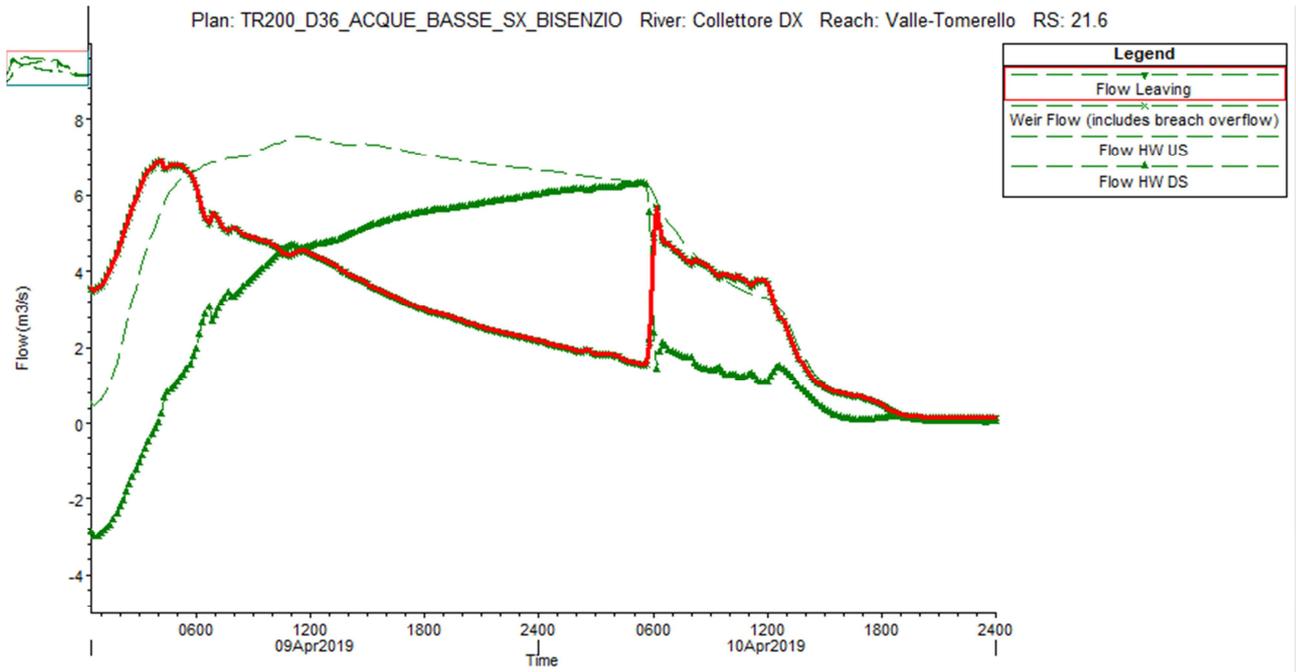


FIGURA 28. GRAFICO DELLE PORTATE ESONDATE DALLO SFIORATORE COLATORE DESTRO



FIGURA 29. INDIVIDUAZIONE NEL MODELLO IDRAULICO DELLO SFIORATORE COLATORE DESTRO

L'intervento proposto consiste nella realizzazione di un manufatto di sfioro sul canale colatore destro del Fosso Reale e conseguente opera di restituzione, le arginature di contenimento, realizzate presumibilmente con materiale scavato in loco, andranno a lambire il rilevato della nuova circonvallazione est, il rilevato autostradale e la Via Prunaia. La quota attuale di allagamento dovuta alle acque basse risulta di 35.67m slm e pertanto, ipotizzando di non modificare il livello di invaso attuale ma solo confinare le acque di esondazione nei margini planimetrici della nuova cassa di espansione, di superficie pari a circa 400.000mq, con delle idonee arginature necessitiamo di una altezza d'acqua in vasca pari a:

$$535.000\text{mc}/400.000\text{mq}=1,37\text{m}$$

Con una quota del terreno attuale mediamente pari 34.50m slm otteniamo una altezza d'acqua disponibile pari a:

$$35,67\text{m slm} - 34,50\text{m slm}=1,17\text{m}$$

Pertanto sarebbe sufficiente un ribassamento di 20cm per ottenere le volumetrie necessarie all'invaso richiesto.

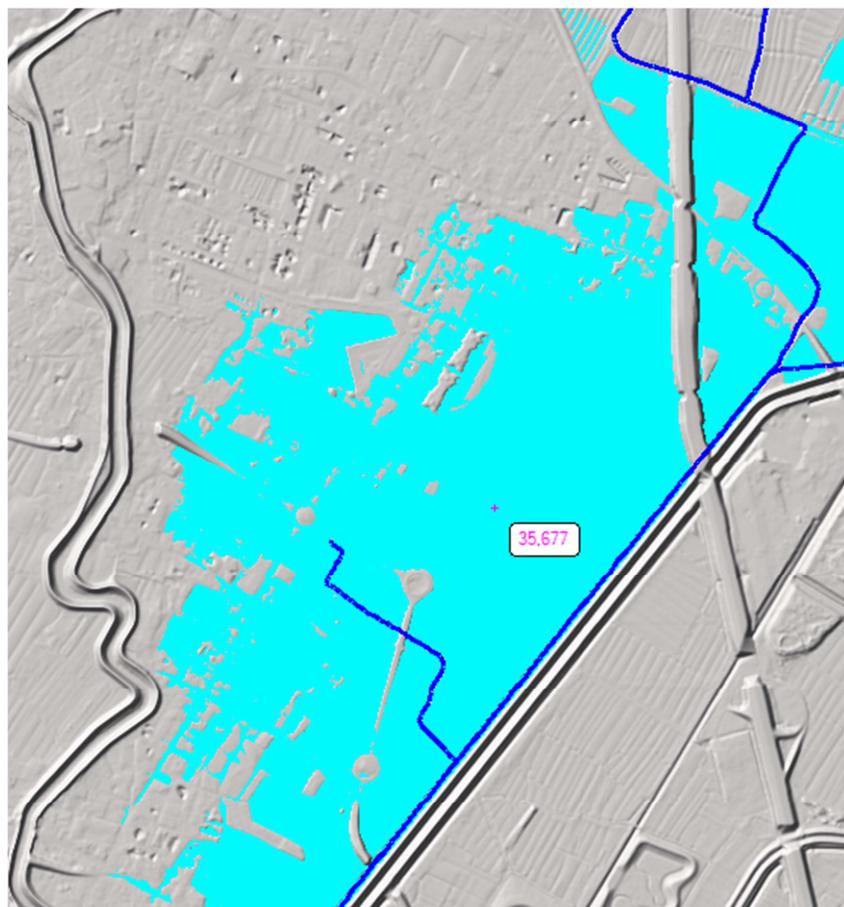


FIGURA 30. INDIVIDUAZIONE NEL MODELLO IDRAULICO DEL LIVELLO IDROMETRICO MASSIMO PER ALLAGAMENTI DA ACQUE BASSE

L'intervento di messa in sicurezza riesce ad eliminare completamente il rischio per gli allagamenti del reticolo secondario garantendo la sicurezza idraulica per tutta l'area adiacente. I volumi esondati dal Colatore infatti vengono stoccati nella cassa di espansione e pertanto regimati. Non riesce a risolvere invece il problema della vulnerabilità dovuta ad eventi esondativi del Bisenzio in quanto si verificano in aree non adiacenti all'opera e pertanto non risolvibili.

Ad opera realizzata le aree adiacenti l'opera idraulica attualmente interessate da eventi alluvionali di acque basse e vulnerabili per allagamenti "frequentissimi" verranno declassate ad allagamenti "poco frequenti" con battenti comparabili agli attuali dovuti alle acque alte.

10 DESCRIZIONE CARTE ALLEGATE ALLO STUDIO

10.1 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (I.06)

Già da diversi anni la valutazione delle problematiche idrauliche è oggetto di continue modifiche sia di carattere normativo che tecnico. Il Comune di Campi Bisenzio è stato tra i primi in Toscana a dotarsi di studi idrologico-idraulici specifici per la definizione delle aree allagabili a partire dalla entrata in vigore del primo provvedimento regionale che introduceva tali valutazioni nella pianificazione urbanistica (Del.G.R.n.230/94). La carta della pericolosità idraulica vigente era stata costruita con uno studio idrologico-idraulico specifico elaborato, a più riprese, in accordo con i tecnici dell'Autorità di Bacino del fiume Arno in modo da rendere coerente la cartografia del PAI con quella del PS. Con la recente entrata in vigore del PGRA che supera il PAI nella parte idraulica e contestualmente all'adozione di nuovi parametri idrologici definiti dalla Regione Toscana per la quantificazione delle portate di piena dei corsi d'acqua, in riferimento anche ai nuovi criteri per la valutazione della pericolosità idraulica del territorio introdotti dalla LR.n.41/18, il Comune di Campi Bisenzio ha elaborato un nuovo studio idrologico-idraulico che analizza l'intero reticolo sia delle acque alte che delle acque basse prendendo in considerazione anche i contributi idrologici dei bacini limitrofi.

I corsi d'acqua presi in considerazione sono tutti quelli che appartengono al reticolo idrografico di cui alla LR.n.79/12 e sue successive integrazioni e modifiche e che possono avere interazione con le aree urbanizzate. Per il Torrente Bisenzio, Ombrone P.se ed Arno, considerati corsi d'acqua "principali", le perimetrazioni di pericolosità e le relative condizioni al contorno vengono date dall'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale in quanto i Comuni, ai sensi del nuovo PGRA, potranno proporre modifiche alle perimetrazioni di pericolosità sovraordinate soltanto relativamente ai corsi d'acqua "minori". Solo per una limitata porzione di territorio verranno modificate le perimetrazioni di rischio da reticolo principale in quanto verranno effettuate verifiche idrauliche bidimensionali su uno strumento topografico aggiornato (LIDAR) che porteranno alla mappatura di fenomeni di ruscellamento effettivi.

Con gli esiti finali del nuovo studio idrologico-idraulico è stato possibile redigere le nuove carte della pericolosità idraulica (I.06), che costituisce anche la proposta di modifica delle perimetrazioni del PGRA, dei battenti (I.02 E I.03) oltre alla nuova carta della magnitudo idraulica (I.05) che mette in relazione le altezze e le velocità di propagazione delle acque di esondazione secondo quanto indicato dalla LR.n.41/18. La nuova carta della pericolosità idraulica riporta quindi le perimetrazioni

delle aree soggette ad allagamento per piene con tempo di ritorno trentennale e duecentennale secondo le seguenti zone omogenee:

I.4 – Pericolosità idraulica molto elevata: in questa classe sono rappresentate tutte le aree interessate da allagamenti per eventi con tempi di ritorno (T_r) inferiori o uguali a 30 anni, che equivalgono alle aree P3 del PGRA ed alle “aree a pericolosità per alluvioni frequenti” della LR.41/18.

I.3 – Pericolosità idraulica elevata: in questa classe sono rappresentate tutte le aree interessate da allagamenti per eventi alluvionali con un tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni che equivalgono alle aree P2 del PGRA ed alle “aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti” della LR.41/18.

I.2 – Pericolosità idraulica media: in questa classe sono rappresentate tutte le aree interessate da allagamenti per eventi alluvionali il cui tempo di ritorno è superiore ai 200 anni e le aree di fondovalle non interessate dagli studi idraulici di dettaglio per le quali ricorrono le seguenti condizioni: non vi sono notizie storiche di inondazioni; sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

I.1 – Pericolosità idraulica bassa: aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: non vi sono notizie storiche di inondazioni; sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

10.2 CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI (I.02 – I.03)

Lo studio sulla pericolosità idraulica del territorio comprende anche l'individuazione delle altezze d'acqua raggiunte nelle diverse aree in occasione di eventi alluvionali relativi a tempi di ritorno duecentennali che è il riferimento di base per l'individuazione ed il dimensionamento degli interventi di messa in sicurezza.

La modellazione bidimensionale dello studio idrologico-idraulico ha basato la propagazione delle acque di esondazione su un modello digitale del terreno (DTM) fornito dalla Regione Toscana che si articola in celle quadrate di un metro di lato. Quello che ne deriva è un raster molto complesso e dettagliato che individua l'altezza d'acqua in metri rispetto alla quota del piano di campagna per ogni metro quadrato di territorio soggetto agli allagamenti.

Nella carta dei battenti si riesce a percepire soltanto l'andamento generale delle altezze d'acqua avendo articolato la scala di tutti i valori possibili in sei classi di diverso colore con una scala di valori che segue anche i limiti delle classi di magnitudo idraulica.

10.3 CARTA DELLA VELOCITÀ DI DEFLUSSO (I.04)

La carta della velocità di deflusso è redatta al fine di giungere alla definizione della matrice della magnitudo idraulica secondo le indicazioni della LR.n.41/18. La cartografia riporta l'andamento delle velocità di deflusso sia in alveo che a campagna rappresentata con una legenda che ne mostra l'appartenenza a classi inferiori ad 1m/s o superiori ad 1m/s.

10.4 CARTA DELLA MAGNITUDO (I.05)

La carta della magnitudo idraulica è riferita ai nuovi dettami normativi entrati in vigore con la LR.n.41/18. Di fatto il nuovo dato che scaturisce dal mettere in relazione l'altezza del battente idraulico duecentennale in un determinato punto con la velocità delle acque di esondazione (sempre per eventi duecentennali) nello stesso punto, determina le diverse prescrizioni per la fattibilità degli interventi nelle zone a pericolosità da alluvione frequente (I.4) e/o poco frequente (I.3).

Le classi di magnitudo idraulica sono così definite ai sensi delle definizioni di cui all'art.2 della LR.n.41/18:

- “magnitudo idraulica moderata”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- “magnitudo idraulica severa”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata, battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- “magnitudo idraulica molto severa”: battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro.
- Nei casi in cui la velocità non sia determinata battente superiore a 0,5 metri.

10.5 CARTA DELLE AREE PRESIDATE DA SISTEMI ARGINALI E TOMBAMENTI (I.07)

La carta della aree presidiate dai sistemi arginali viene redatta in base alle definizioni della LR.n.41/18. Nello specifico all'art. 3 comma 1 punto s) si definisce:

aree presidiate da sistemi arginali: aree situate a quote altimetriche inferiori alla quota posta a 2 metri sopra il piede esterno dell'argine. Il limite esterno di tale aree è determinato dai punti di incontro delle perpendicolari all'asse del corso d'acqua con il terreno alla quota altimetrica sopra individuata pari a 2 metri, comunque non superiore alla distanza di 300 metri dal piede esterno dell'argine

Nella tavola vengono inoltre riportati i tratti tombati dei corsi d'acqua ed i guadi.

Con lo studio idrologico-idraulico di dettaglio si è definito la magnitudo idraulica per tutto il territorio di Campi Bisenzio per cui non esiste la casistica relativa all'attribuzione “generica” dell'altezza del battente.